Nr 52/82

Anleitung

für den Gebrauch unseres Schulrechenstabes CASTELL-D-Stab

Kurze Erklärung des Stabes

Der Rechenstab besteht aus d r e i Teilen:

1. dem festen Hauptteil, dem eigentlichen S t a b k ö r p e r, der aus den beiden durch Laschen verbundenen Stabkörperwangen besteht.
2. der beweglichen Z u n g e, die in den Fugen der Stabkörperwangen gleitet.
3. dem L ä u f e r, der den Stabkörper ganz umschließt.

Vorbemerkung:
Die wichtigsten Hauptskalen A, B, C, D auf der Vorderseite, und CF und C auf der Rückseite sind durch grüne Farbstreifen gekennzeichnet. Dieses Grün wirkt vorteilhaft auf die Augen beim häufigen Arbeiten mit den Hauptskalen und ermöglicht es beim Anfangsunterricht, diese schnell aufzufinden.

Die Skalen der Vorderseite

Mantissenskala	L	. . . lg x . . .	von 0,0-1,0	
Kubenskala	K	. . . x^3 . . .	von 1-1000	Stabkörper oben
Quadratskala	A	. . . x^2 . . .	von 1-100	
Quadratskala	B	. . . x^2 . . .	von 1-100	Zunge oben
Reziprokskala zu B	BI	. . . $100:x^2$		Zunge Mitte
Reziprokskala zu C	CI	. . . $10:x$ . . .	von 10-1	
Grundskala	C	. . . x . . .	von 1-10	Zunge unten
Grundskala	D	. . . x . . .	von 1-10	
Exponentialskalen für positive Expon.	LL_1	. . . $e^{0,01x}$	von 1,0095-1,115	
	LL_2	. . . $e^{0,1x}$ . .	von 1,095-3	Stabkörper unten
	LL_3	. . . e^x . .	von 2,5-6·10^4	

Die Skalen der Rückseite

1. Tangensskala	T_1	. . $\sphericalangle$ tan 0,1 x	von 5,5°-45°	
2. Tangensskala	T_2	. . $\sphericalangle$ tan x	von 45°-84,5°	Stabkörper oben
π-vers. Grundskala	DF	. . . π x . . .	von 3,14-3,14	
π-vers. Grundskala	CF	. . . π x . . .	von 3,14-3,14	Zunge oben
Reziprokskala zu CF	CIF	. . . 1 : π x .	3,2-3,2	Zunge Mitte
2. Sinusskala	S′	. . . sin, cos	von 5,5°-90°	
Grundskala	C	. . . x . . .	von 1-10	Zunge unten
Grundskala	D	. . . x . . .	von 1-10	
Sinusskala	S	. . $\sphericalangle$ sin 0,1 x	von 5,5°-90°	Stabkörper unten
arc-Skala	ST	. . $\sphericalangle$ arc 0,01 x	von 0,55°-5,75°	
Pythagor. Skala	P	. . $\sqrt{1-(0,1x)^2}$		

Das Komma

Da die oberen Skalen nur von 1 bis 100, die unteren sogar nur von 1 bis 10 reichen, glaubt der Anfänger, man könne auf dem Stabe nur mit Zahlen innerhalb dieses Bereiches arbeiten. Das ist ein Irrtum. Den Dezimalwert einer Zahl, also die Stellung des Kommas, beachtet man beim Stabrechnen nicht. Liest man auf einer Teilung den Wert 3, so kann das auch 0,3; 300; 0,03; 30 000 usw. bedeuten.*

Im Ergebnis setzt man das Komma selbst ein, was bei praktischen Aufgaben nie Schwierigkeiten macht.

Mithin kann man auf dem Stabe mit a l l e n Zahlen rechnen.

* Eine Ausnahme bilden die LL-Skalen (s. S. 13).

Das Lesen der Skalen

Man kann nicht jeden Teilstrich mit einer Zahl versehen; dazu fehlt der Raum. Es stehen also nur ganz wenige Leitzahlen da. Den Wert der anderen Teilstriche kann man danach erkennen. Man beachte aber, daß die Unterteilung nicht überall gleich ist, da die Teilstriche nach rechts zu enger aneinander rücken.

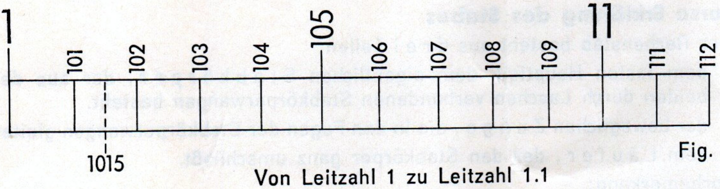
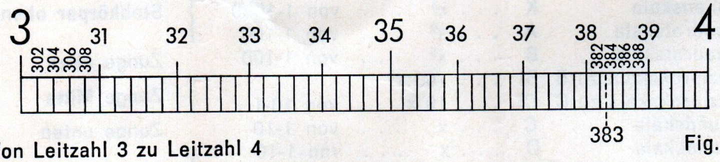


Fig. 1

Von Leitzahl 1 zu Leitzahl 1.1

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich von 1 bis 2 (Fig. 1)
mit 10 Unterabschnitten zu je 10 Intervallen (= 1/100 oder 0,01 pro Teilstrich)

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 Zahl ist dann immer eine 5.

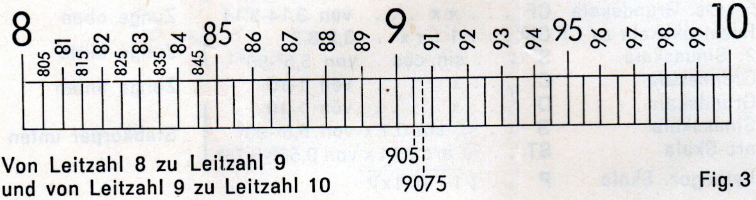


Von Leitzahl 3 zu Leitzahl 4

Fig. 2

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich von 2 bis 4 (Fig. 2)
mit je 10 Unterabschnitten zu je 5 Intervallen (= 1/50 oder 0,02 pro Teilstrich)

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).



Von Leitzahl 8 zu Leitzahl 9
und von Leitzahl 9 zu Leitzahl 10

Fig. 3

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich von 4 bis 10 (Fig. 3)
mit je 10 Unterabschnitten zu je 2 Intervallen (= 1/20 oder 0,05 pro Teilstrich)

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 geschätzt werden.

Sind wir mit der Einteilung der Grundskalen C und D vertraut, werden wir sogleich erkennen, daß die Skalen CI, CF und DF genau so unterteilt sind; die Systematik der übrigen Skalen wird uns ebenfalls leicht klar werden.

Die Marken π, M, $\frac{\pi}{4}$, e, ϱ, C und C_1

Verschiedene häufig benötigte Konstanten sind gesondert markiert:

$\pi = 3{,}1416$ auf den Skalen A, B, CI, C, D, CF, DF, CIF

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

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

e = Markierung der Basis des natürlichen Logarithmus e = 2,71828 auf LL_2 und LL_3.

$\varrho = \frac{\pi}{180} = 0{,}01745$ auf C und D

Die Marken C und C_1 (nicht verwechseln mit Zungenanfang C 1) erleichtern die Berechnung von Querschnitten aus gegebenem Durchmesser.

Beispiel: Setzt man C mit Hilfe des Läuferstrichs über 2,82 cm auf Skala D (zuerst Läuferstrich über 2,82 auf D, dann Marke C darunter ziehen), kann man auf Skala A über der Anfangs-1 der oberen Zungenskala B (künftig stets B 1 bezeichnet) den Querschnitt 6,24 cm^2 ablesen.

Man hätte statt der Marke C auch die Marke C_1 (nicht verwechseln mit Anfangs-1 der unteren Zungenskala C, folgend stets C 1 genannt) nehmen können. Das Ergebnis steht dann über B 100 (100 der Skala B) auf Skala A. Man nimmt für die Einstellung stets die Marke C oder C_1, bei der die Zunge am wenigsten weit herausgezogen werden muß.

Vorbemerkung: Für Einstellen und Ablesen von Zahlenwerten werden stets der durchgehende Hauptstrich (nachfolgend kurz „Läuferstrich" genannt), und Anfangs-1 oder End-10 bzw. End-100 der Skalen A, B, CI, C, D benutzt; bei CF und DF die ←1→. Die beiden langen Rand-Läuferstriche gelten für den Fall, daß an den Teilungsenden mit dem Hauptstrich nicht abgelesen werden kann.

Auf welchem System beruht das Rechnen mit dem Rechenstab?

Legt man zwei gewöhnliche Lineale mit Zentimeter-Teilung nach nachstehender Abb. übereinander, so erhält man nach rechts gehend das Ergebnis

3,5 + 4,5 = 8 (also eine **Addition**) oder

8 — 4,5 = 3,5 (also eine **Subtraktion**) (Fig. 4a)

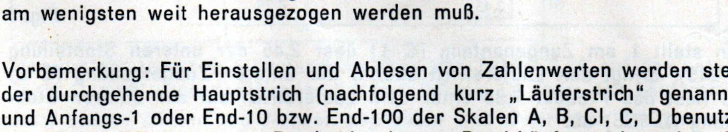


Fig. 4a

Man hat also mit Hilfe beider Millimeter-Teilungen „gerechnet", indem man die Zahlen 3,5 und 4,5 als Strecken auffaßte und aneinandersetzte, bzw. im zweiten Fall die Strecke 4,5 von der Strecke 8 abzog.

Genau so arbeitet der Rechenstab, nur daß er, weil die Teilungen entsprechend aufgebaut sind, durch das Aneinandersetzen nicht die **Summe**, sondern das **Produkt** der Zahlen liefert, im zweiten Falle nicht die **Differenz**, sondern den **Quotienten.**

Legt man also 2 Skalen eines Rechenstabes in gleicher Weise wie der erwähnten Lineale 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. 4b)

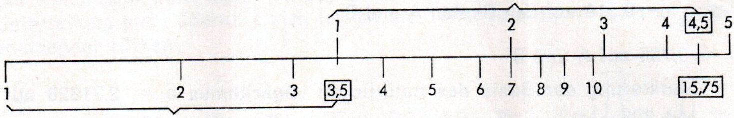


Fig. 4b

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.

Multiplizieren

Man verwendet vor allem die Hauptskalen C und D. (Skalen CF und DF siehe Seite 8).
Beispiel: 2,45 · 3 = 7,35 (Fig. 5).

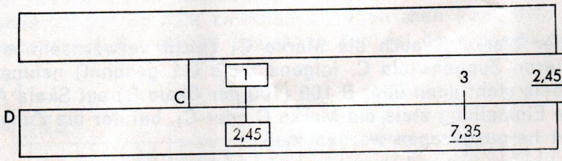


Fig. 5

Man stellt 1 am Zungenanfang (**C** 1) über 2,45 der unteren Stabteilung (**D** 245), bringt den Läuferstrich über 3 der unteren Zungenteilung (**C** 3) und liest das Produkt 7,35 unter dem Läuferstrich auf der unteren Stabteilung (**D** 735) ab.
(Mit diesen Einstellungen hat man die Strecke 1 - 2,45 der Skala D und die Strecke 1 - 3 der Skala C aneinandergesetzt. Beide Strecken ergeben in ihrer Gesamtheit die Strecke von 1-7,35 auf D und damit das Ergebnis 7,35.) Haben Sie immer dieses Schema vor Augen, dann wird Ihnen stets die Systematik des Stabrechnens klar sein.
Es kommt beim Rechnen auf den Skalen C und D vor, daß die Zunge mit der Einstellung C 1 über 1. Faktor auf Skala D zu weit nach rechts heraussteht, so daß der 2. Faktor nicht mehr auf C eingestellt werden kann. In diesem Fall schiebt man die Zunge nach links so weit durch, bis statt Zungenanfang C 1 das Zungenende C 10 unter dem Läuferstrich steht. Dies ist das sogenannte „Durchschieben der Zunge".
Man kann es vermeiden, wenn man im Bedarfsfall gleich C 10 über den 1. Faktor stellt. Geübte Rechner wissen sofort, welche Einstellung erforderlich ist.
Beispiel: 7,5 · 4,8 = 36 (Fig. 6).

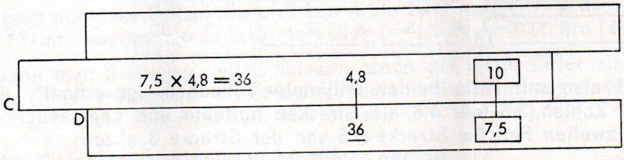


Fig. 6

Man stellt C 10 über D 7,5, schiebt den Läuferstrich über den 2. Faktor 4,8 auf C und liest darunter auf Skala D das Ergebnis 36 ab.
Die Einstellung von C 10 wird allgemein dann gewählt, wenn die beiden ersten Ziffern, miteinander multipliziert, im Ergebnis größer als 10 werden.

Das Durchschieben der Zunge ist nicht erforderlich, wenn man mit den π-versetzten Skalen CF und DF arbeitet (s. S. 8).

Bei laufenden Rechnungen, wenn z. B. zuvor ins Quadrat erhoben wurde, kann man auf A und B weiter multiplizieren.

B e i s p i e l : 2,5 · 3 = 7,5 (Fig. 7).

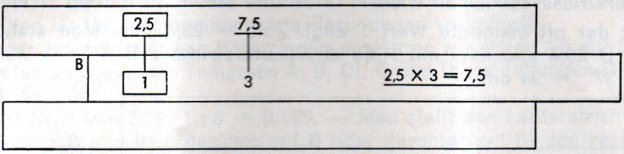


Fig. 7

Übungen: Einstellung C 1: 1,82 · 3,9 = 7,1; 0,246 · 0,37 = 0,091
Einstellung C 10: 4,63 · 3,17 = 14,7; 0,694 · 0,484 = 0,336

Dividieren

Mit Hilfe des Läuferstrichs stellt man Zähler und Nenner auf C und D gegenüber und kann unter Zungenanfang C 1 oder Zungenende C 10 das Ergebnis ablesen.

B e i s p i e l : 9,85 : 2,5 = 3,94 (Fig. 8).

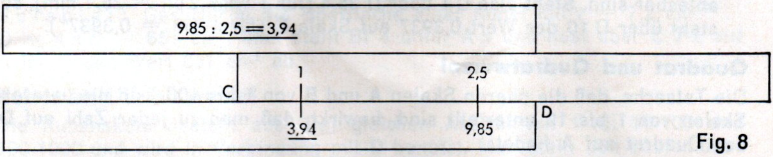


Fig. 8

Man schiebt zuerst den Läuferstrich über den Zähler 9,85 auf der unteren Skala D, zieht dann den Nenner 2,5 (auf Teilung C) unter den Läuferstrich.

Jetzt stehen Zähler und Nenner gegenüber und unter dem Zungenanfang C 1 kann man das Ergebnis 3,94 auf Skala D ablesen.

Selbstverständlich kann man auch auf A und B dividieren. Wieder stellt man Zähler (auf A) und Nenner (auf B) mit Hilfe des Läuferstrichs gegenüber und liest das Ergebnis auf Skala A über B 1 oder B 100 ab.

Übungen: 970 : 26,8 = 36,25; 285 : 3,14 = 90,7; 0,685 : 0,454 = 1,51

Tabellenbilden

1. Man will Yards in Meter umrechnen. Parität: 82 Yards sind 75 Meter. Man stellt mit Hilfe des Läuferstrichs 82 auf Skala D und 75 auf C gegenüber: Stelle zuerst den Läuferstrich über D 82 und ziehe die Zunge so weit nach rechts bis C 75 darunter und damit gegenüber D 82 steht.

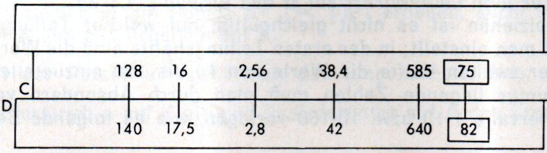


Fig. 9

Nun stellt man den Läuferstrich über den bekannten Yard-Wert auf D und kann darüber auf C die Meterzahl ablesen und umgekehrt:
z. B. 17,5 yards sind 16 m; 140 yards sind 128 m und umgekehrt 38,4 m sind 42 yards; 2,56 m sind 2,8 yards; 585 m sind 640 yards.
Es kommt vor, daß man einige Werte nicht einstellen oder ablesen kann, weil die Zunge zu weit nach links oder rechts heraussteht.
Z. B. kann man für 105 Yards den Gegenwert 96 m nicht mehr ablesen. Hier behilft man sich mit dem sog. „Durchschieben der Zunge", d. h. man

hält die Einstellung der Tabelle fest, indem man den Läuferstrich über C 1 stellt und nun die Zunge so weit nach links durchschiebt, bis C 10 unter dem Läuferstrich steht. Jetzt kann man auch die übrigen Werte ablesen.

2. Ist statt der Parität der Einheitswert bekannt, z. B. 1 yd = 0,914 m, stellt man C 1 oder C 10 (für 1 yd.) über 0,914 auf Skala D. Mit Hilfe des Läuferstrichs kann man wieder Yards und Meter auf C und D ablesen.
3. Oder der oft benötigte Wert 1 engl. Zoll = 25,4 mm. Man stellt C 1 über D 25,4 und liest mit Hilfe des Läuferstrichs z. B. 17″ = 43,2 cm oder 37″ = 94 cm.

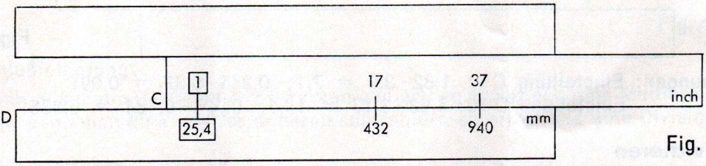


Fig. 10

Bei 42″ z. B. kann man wieder nicht mehr einstellen und ablesen und schiebt wieder C 10 an die Stelle von C 1.

4. Achten Sie darauf, daß bei allen Einstellungen stets Einheitswert bzw. Gegenwert an den Skalenenden unter C 1 bzw. über D 10 und umgekehrt ablesbar sind. Steht also C 1 über D 25,4 (für 1 engl. Zoll = 25,4 mm), so steht über D 10 der Wert 0,3937 auf Skala C (für 1 cm = 0,3937″).

Quadrat und Qudratwurzel

Die Tatsache, daß die oberen Skalen **A** und **B** von 1 bis 100, und die unteren Skalen von 1 bis 10 unterteilt sind, bewirkt, daß man zu jeder Zahl auf **D** das Quadrat auf **A** findet.

Beispiel: $2{,}3^2 = 5{,}29$ (Fig. 11).

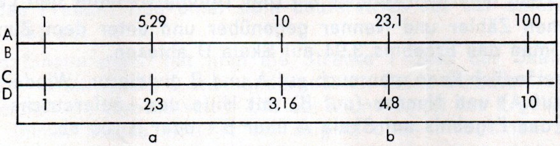


Fig. 11

Man stellt den Läuferstrich über 2,3 auf D und liest unter dem Läuferstrich auf A das Ergebnis 5,29 ab.

Übungen: $1{,}345^2 = 1{,}81$; $4{,}57^2 = 20{,}9$; $0{,}765^2 = 0{,}585$; $9{,}7^2 = 94{,}1$.

Die Quadratwurzel erhält man durch Einstellen des Radikanden auf **A** und Ablesen der darunter stehenden Zahl auf **D**.

Beispiel: $\sqrt{23{,}1} = 4{,}8$ (Fig. 11). Man stellt den Läuferstrich über 23,1 auf **A** und liest unter dem Läuferstrich auf **D** das Ergebnis 4,8 ab.

Beim Quadratwurzelziehen ist es nicht gleichgültig, auf welcher Teilungshälfte von A oder B man einstellt; in der ersten Teilungshälfte sind die Werte von 1 bis 10, in der zweiten Hälfte die Werte von 10 bis 100 einzustellen. Darüber oder darunter liegende Zahlen muß man durch Absondern von Potenzen in die Intervalle 1-10 bzw. 10-100 verlegen, wie es folgende Beispiele zeigen:

$\sqrt{1936}$. Man zerlegt $\sqrt{1936} = \sqrt{100 \cdot 19{,}36} = 10 \cdot \sqrt{19{,}36} = 10 \cdot 4{,}4 = 44$

$\sqrt{145{,}8} = \sqrt{100 \cdot 1{,}458} = 10 \cdot \sqrt{1{,}458} = 10 \cdot 1{,}207 = 12{,}07$

Will man das Absondern der Potenzen von 10 vermeiden, so kann man sich auch rein mechanisch merken, wie einzustellen ist:

Auf der linken Hälfte müssen die Zahlen eingestellt werden, die eine, drei, fünf usw. Stellen vor dem Komma oder eine, drei, fünf usw. Nullen hinter dem Komma haben; auf der rechten Seite sind die Zahlen einzustellen, die zwei, vier usw. Stellen vor dem Komma oder keine, zwei, vier usw. N u l l e n h i n t e r dem Komma haben.

Übungen: $\sqrt{10{,}24} = 3{,}2$; $\sqrt{62} = 7{,}874$; $\sqrt{4{,}56} = 2{,}135$; $\sqrt{7{,}68} = 2{,}77$.

Rechnen mit der reziproken Teilung BI

Die reziproke Quadratskala BI stellt die Umkehrung der Teilung B dar und arbeitet als Quadratskala mit CI, als reziproke Teilung mit A und B zusammen. Dies ist für zusammengesetzte Rechnungen vorteilhaft.

Man kann hier die gleichen Rechnungen ausführen wie unter 1-5 auf Seite 9, nur treten an Stelle der Teilungen A, B, CI, C und D die Teilungen D, CI, BI, B und A.

Beispiel Nr. 1 von S. 9: 1 : 8 = 0,125. — Man stellt den Läuferstrich über 8 auf BI oder **B** und liest darüber auf **B** oder darunter auf BI den reziproken Wert 0,125.

Hier ein Beispiel für eine zusammengesetzte Rechnung, bei der besonders vorteilhaft von A und B aus auf BI weitergerechnet werden kann.

B e i s p i e l : $(2{,}45 \cdot 3)^2 \cdot 2{,}27 = 122{,}6$

Man stellt C 1 über D 2-4-5, rückt den Läuferstrich über C 3, liest das Zwischenergebnis 7,35 (auf D) nicht ab, sondern findet gleichfalls unter dem Läuferstrich das Quadrat 54 auf A (Quadrieren s. S. 6). Dieses multipliziert man mit 2,27, indem man BI 2-2-7 unter den Läuferstrich zieht. Über B 1 auf A findet man das Ergebnis 122,6.

B e i s p i e l : Gesucht ist die Oberfläche einer Kugel mit r = 7,2 cm.
$O = 4\pi r^2 = 651$ cm². Man stellt BI 4 unter A π und liest über C 7-2 auf A für O den Wert 651 cm² ab.

Kubus und Kubikwurzel

Die Kubenskala 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.

B e i s p i e l : $2{,}66^3 = 18{,}8$; $1{,}54^3 = 3{,}65$; $2{,}34^3 = 12{,}8$; $6{,}14^3 = 232$

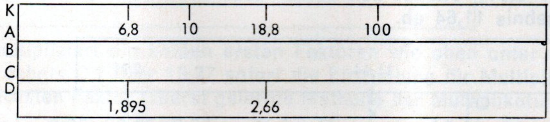


Fig. 12

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

B e i s p i e l : $\sqrt[3]{6{,}8} = 1{,}895$; $\sqrt[3]{4{,}66} = 1{,}671$; $\sqrt[3]{29{,}5} = 3{,}09$; $\sqrt[3]{192} = 5{,}77$

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.

Will man a in die Potenz $a^{\frac{3}{2}}$ $(= \sqrt[2]{a^3})$ erheben, sucht man die Grundzahl auf A und das Ergebnis auf K.

Bei der Potenz $a^{\frac{2}{3}}$ geht man den umgekehrten Weg, stellt also mittels Läuferstrich a auf K ein und liest darunter auf A das Ergebnis $a^{\frac{2}{3}}$ $(= \sqrt[3]{a^2})$ ab.

B e i s p i e l e : $12{,}8^{\frac{3}{2}} = 45{,}795$ $\quad 172^{\frac{2}{3}} = 30{,}95$

Rechnen mit den π-versetzten Skalen CF und DF

1. **Tabellenbilden**

   Da bei den π-versetzten Skalen CF und DF der Wert 1 etwa in der Mitte liegt, kann man sie vorteilhaft beim Tabellenrechnen und beim Multiplizieren verwenden und dadurch das „Durchschieben der Zunge“ auf C und D ersparen.

B e i s p i e l : 75 engl. Pfund (lbs.) ergeben 34 kg. — Man stlelt CF 3-4 mit Hilfe des Läuferstrichs unter DF 7-5 und hat nun eine Tabelle für die Umrechnung von lbs. in kg. Auf CF oder C stehen die kg und auf DF oder D die lbs. Sie können mit dem Läuferstrich eingestellt und abgelesen werden.

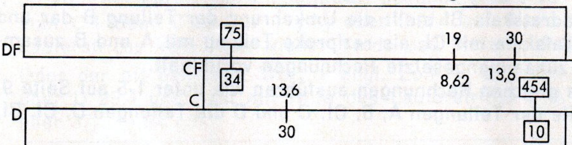


Fig. 13

Achten Sie darauf, daß bei obiger Einstellung gleichzeitig über D 10 auf C der Einheitswert 454 erscheint (1 lb. = 0,454 kg).

Übungen für die Einstellung CF 34 unter DF 75:

30 lbs = 13,6 kg; man stellt den Läuferstrich über DF 3 (oder D 3) und kann darunter auf CF (oder darüber auf C) den Wert 13,6 ablesen.

19 lbs = 8,62 kg; man stellt den Läufer auf DF 19 (auf D kann dieses Mal nicht eingestellt werden) und liest darunter auf CF den Wert 8,62 ab.

Beim Übergang von den unteren auf die oberen Skalen und umgekehrt hat man also stets den gesamten Teilungsbereich zur Verfügung.

Bei der Einstellung CF-3-4 unter DF-7-5 verläuft er von C 1 bis C 4-5-4 (1 kg = 0,454 lbs) und dann oben weiter von CF-3-1-4 über CF-1 bis CF-1-4-2-5. Betrachten Sie zur Übung auch den Bereich von DF.

2. Multiplizieren

Ist beim Multiplizieren auf C und D der 2. Faktor (mit dem Läuferstrich) nicht einstellbar, bzw. muß ein „Durchschieben des Schiebers" in Kauf genommen werden, kann man dies vermeiden, indem man auf CF und DF weiterarbeitet.

B e i s p i e l : 2,91 · 4 = 11,64. Man stellt C 1 über D 2,91 (oder CF 1 unter DF 2,91), schiebt den Läufer über CF 4 und liest darüber auf DF das Ergebnis 11,64 ab.

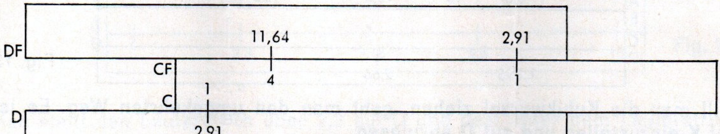


Fig. 14

Übungen: 18,4 · 7,4 = 136,1; man stellt CF 1 unter DF 18,4 (oder C 1 über D 18,4), schiebt den Läuferstrich über CF 7,4 (auf C kann nicht eingestellt werden!) und liest darüber auf DF den Wert 136,1 ab.

42,25 · 3,7 = 156,3; CF 1 unter DF 42,25 (es steht auch C 10 über D 42,25!); anschließend Läufer über C 3,7 und darunter auf D den Wert 156,3 ablesen. (Auf CF kann 3,7 nicht eingestellt werden!)

3. Multiplikation und Division mit dem Wert π

Der Übergang von den Skalen C und D auf die Skalen CF bzw. DF ist direkt mit dem Läufer durchführbar und ergibt eine Multiplikation mit dem Faktor π.

B e i s p i e l : $1{,}184\,\pi = 3{,}72$. — Man stellt den Läuferstrich über D 1,184 (oder bei Nullstellung C) und liest auf DF (oder CF bei Nullstellung) das Ergebnis 3,72 gleichfalls unter dem Läuferstrich ab.

Der umgekehrte Vorgang, also Übergang von CF und DF auf C und D, ergibt eine Division durch π.

B e i s p i e l : $\frac{18{,}65}{\pi} = 5{,}94$. — Man stellt den Läuferstrich auf DF 18,65 (bei Nullstellung auch CF 18,65) und liest auf D (oder C bei Nullstellung) das Ergebnis 5,94 ab.

Rechnen mit der reziproken Skala CI

Sie ist von 1—10 unterteilt, entspricht also im Teilungsbild den Skalen C und D, verläuft aber in entgegengesetzter Richtung.

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 der Zunge, allein durch Läufereinstellung.
   B e i s p i e l e : 1 : 8 = 0,125; 1 : 2 = 0,5; 1 : 4 = 0,25; 1 : 3 = 0,333.
2. Sucht man 1 : a^2, so richtet man den Läuferstrich auf a der Skala CI und liest darüber auf B das Ergebnis ebenfalls unter dem Läuferstrich ab.
   B e i s p i e l : 1 : $2{,}44^2$ = 0,168 Überschlag für Stellenwert: weniger als $1/5$ = 0,2
3. Sucht man 1 : $\sqrt{a}$, so stellt man den Läuferstrich auf a der Skala B und findet auf CI das Ergebnis ebenfalls unter dem Läuferstrich.
   B e i s p i e l : 1 : $\sqrt{27{,}4}$ = 0,191 Überschlag für Stellenwert: kleiner als $1/5$ = 0,2
4. **Man kann mit den Skalen D und CI auch multiplizieren.** (Division mit dem reziproken Wert = Multiplikation). Viele Rechner wenden diese Methode gern an.
   Z. B. 0,66 · 20,25. Man geht wie bei der Division vor, d. h. stellt zuerst den Läuferstrich über 0,66 auf D, zieht dann 20,25 auf CI unter den Läuferstrich und kann nun das Produkt 13,37 auf D unter C 1 ablesen.
5. So sind sehr einfach **Produkte mit mehreren Faktoren** zu lösen:

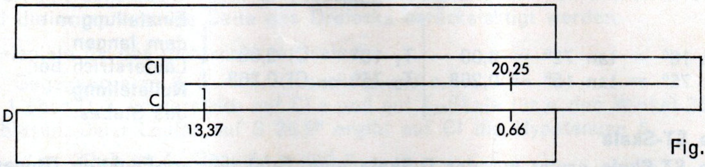


Fig. 15

Man multipliziert die beiden ersten Faktoren wie oben unter 4., hat mit dem Ergebnis C 1 über 13,37 sofort die Einstellung für Multiplikation mit dem nächsten Faktor (zuerst gelernte Methode der Multiplikation Seite 4).

B e i s p i e l : 0,66 · 20,25 · 2,38 = 31,8. Man rechnet 0,66 · 20,25 wie unter 4., hat dann die Einstellung C 1 über dem Zwischenergebnis und schiebt nun den Läuferstrich über den 3. Faktor 2,38 auf C. Darunter das Ergebnis 31,8 auf D.

Nun könnte man sofort wieder eine Multiplikation anschließen, indem man den nächsten Faktor auf CI unter den Läuferstrich schiebt und das Ergebnis unter C 1 (bzw. C 10) auf D abliest.
Also abwechselnd Multiplikation mit Hilfe von D und CI und anschließend nach erster Methode (S. 4) mit Hilfe von C und D.

Rechnen mit der reziproken Teilung CIF

Die **Skala CIF** wird zusammen mit den Skalen CF und DF verwendet.
Beispiele für die Multiplikation mit mehreren Faktoren:

2,23 · 16,7 · 1,175 · 24,2 = 1059.

Lösung: CI-2,23 mit Hilfe des Läuferstrichs über D-16,7; Stab wenden, Läuferstrich über CF-1,175; CI-24,2 unter den Läuferstrich, Ergebnis 1059 auf DF über CF-1 ablesen.

0,53 · 0,73 · 39,1 · 0,732 = 11,07.

Lösung: CI-0,53 mit Hilfe des Läuferstrichs über D-0,73; Stab wenden, Läuferstrich über CF-39,1; CIF-0,732 unter den Läuferstrich; Ergebnis 11,07 auf DF über CF-1 ablesen.

Die trigonometrischen Skalen S, ST, T_1 und T_2

Die trigonometrischen Skalen T_1, T_2 und S sind dezimal unterteilt und zeigen in Verbindung mit der Grundskala D die Winkelfunktionen bzw. bei umgekehrter Ablesung die Winkel.

Benutzung als Tafeln

Bei Benutzung der Skalen S, T_1 und T_2 in Verbindung mit der Skala D als **trigonometrische Tafel** ist folgendes zu beachten (Skala ST s. unten):
Die **S-Skala** ergibt in Verbindung mit der **D-Skala** eine **Sinustafel.**
Die **S-Skala** mit den Werten der Komplementärwinkel (von rechts nach links ansteigend) ergibt in Verbindung mit der **D-Skala** eine **Kosinustafel.**
Die **beiden T-Skalen** ergeben mit der **D-Skala** eine **Tangenstafel** bis 84,28°.
Die **beiden T-Skalen** mit den Werten der Komplementärwinkel (von rechts nach links ansteigend) ergeben mit der **D-Skala** eine **Kotangenstafel.**

Aufgabe:	Einstellung:	
$\sin 13^0 = \cos 77^0 = 0{,}225$	S 13^0 — D 0,225	Für diese Einstellungen wird lediglich der lange Läuferstrich benötigt.
$\sin 76^0 = \cos 14^0 = 0{,}97$	S 76^0 — D 0,97	
$\cos 28^0 = \sin 62^0 = 0{,}883$	S 62^0 — D 0,883	
$\cos 78^0 = \sin 12^0 = 0{,}208$	S 12^0 — D 0,208	
$\tan 32^0 = \cot 58^0 = 0{,}625$	T_1 32^0 — D 0,625	
$\tan 57^0 = \cot 33^0 = 1{,}54$	T_2 57^0 — D 1,54	
$\cot 18^0 = \tan 72^0 = 3{,}08$	T_2 18^0 — D 3,08*	
$\cot 75^0 = \tan 15^0 = 0{,}268$	T_1 75^0 — D 0,268*	
	* oder	
$\cot 18^0 = \tan 72^0 = 3{,}08$	T_1 18^0 — CI 3,08	Einstellung mit dem langen Läuferstrich bei **Nullstellung** des Stabes.
$\cot 75^0 = \tan 15^0 = 0{,}268$	T_2 75^0 — CI 0,268	

Die ST-Skala

Die **ST-Skala** ergibt mit der **D-Skala** eine Tafel der **arc-Funktion (Bogenmaß)** und bei Verwendung der Korrekturmarken eine Sinus- bzw. Tangensskala für die Winkel 0,55°—5,75°.
als arc-Skala (für das Bogenmaß):
Einstellung des Winkelwerts auf ST, Ablesung der Funktionswerte auf D (mit Hilfe des Läuferstrichs).
Beispiele: $\text{arc } 2{,}5^0 = 0{,}0436$; $\text{arc } 4{,}02^0 = 0{,}07$; und umgekehrt
$\widehat{0{,}04} = 2{,}29^0$; $\widehat{0{,}021} = 1{,}205^0$.
Die arc-Skala gilt auch für die 10-fachen Winkelwerte, doch muß dann der Funktionswert mit 10 multipliziert werden.
Beispiele: $\text{arc } 31^0 = 0{,}541$; $0{,}64 = 36{,}7^0$.
Als Tangensskala bzw. Sinusskala für kleine Winkel und zwar bis 3° beim Tangens bzw. bis 5° beim Sinus gemäß der Beziehung $\tan \alpha \approx \sin \alpha \approx \text{arc } \alpha$.
Beispiele: $\tan 2{,}5^0 \approx \sin 2{,}5^0 \approx \text{arc } 2{,}5^0 = 0{,}0436$
$\tan 4^0 \approx \sin 4^0 \approx \text{arc } 4^0 = 0{,}0697$
Für das **genaue** Ablesen des Tangens 4° wird die Korrekturmarke **rechts** neben dem Teilstrich 4° benutzt. Man liest den Wert 0,0699 ab.
Für die Korrekturmarken des Tangens gilt also:
Tangens **größer** als arc., daher Korrekturmarke **rechts** vom Teilstrich!

Beispiel: $\tan 5^0 = 0{,}0875$

Liegt der Winkel zwischen den mit Korrekturmarken versehenen vollen Graden, so muß man das Korrektur-Intervall entsprechend übertragen:
Beispiel: $\tan 3{,}5^0 = 0{,}0612$; $\tan 4{,}2^0 = 0{,}0734$; $\tan 5{,}33^0 = 0{,}0934$
Ist der Funktionswert gegeben und der Winkel gesucht, wird das Korrektur-Intervall nach **links** berücksichtigt.

Das Rechnen mit den trigonometrischen Skalen S, ST, T_1 und T_2

Da jede Funktion ein Verhältnis „Seite zu Seite" ist, braucht man nur jeweils die **Skalenstrecke der D-Skala** an die **Skalenstrecke der CI-Skala** anzureihen. Lotet man dann den Endpunkt dieser Streckenaddition auf die entsprechende Winkelfunktionsskala (ST für 0,01 x; S und T_1 für 0,1 x und T_2 für x), so kann man sofort den Winkelwert ablesen.

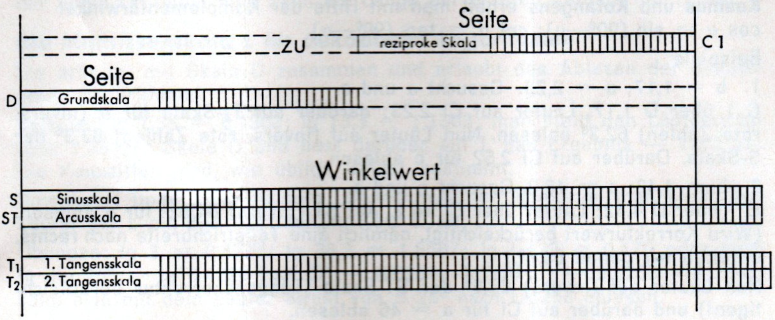


Fig. 16

Aber auch für den Fall, daß der Winkel und eine Seite gegeben sind, läßt sich das gleiche Rechenschema anwenden, nur muß hierbei erst der Winkelwert mit dem Läuferstrich aufgesucht werden, und auf den Skalen D oder CI die entsprechende Seite des Dreiecks berücksichtigt werden.

Beispiele für das rechtwinklige Dreieck:

1. Gegegben $a = 3$, $b = 4$. Gesucht α und c.
C 1 über D 3, Läuferstrich auf CI 4 und auf T_1-Skala für α den Winkel $36{,}9^0$ ablesen. Jetzt Läufer auf S $36{,}9^0$ ergibt auf CI die Hypotenuse 5.

2. $a = 30$, $b = 4$. Gesucht α und c.
Einstellung wie oben, also C 1 über D 3, Läuferstrich auf CI 4, aber auf T_2-Skala für α den Winkel $82{,}4^0$ ablesen (da $30 : 4 > 1$); für Ermittlung von c Läufer auf S $82{,}4^0$, auf CI steht 30,3 für c.

3. $a = 3$; $b = 40$. Gesucht α und c.
Einstellung wie oben, aber Winkel auf ST mit $4{,}28^0$ ablesen (erste Ablesung $4{,}3^0$, Korrektur nach links ergibt $4{,}28^0$). Mit dieser korrigierten Einstellung $4{,}28^0$ wird auf CI für $c = 40{,}2$ abgelesen.

4. $a = 8{,}2$; $b = 21{,}6$. Gesucht c und α.
C 10 über D 8,2, Läufer auf CI 21,6 und auf T_1-Skala $20{,}78^0$ für α ablesen. Läufer auf $20{,}78^0$ der S-Skala stellen und auf CI 23,1 für c ablesen.

5. $a = 21{,}6$; $b = 8{,}2$. Gesucht c und α.
C 1 über D 21,6, Läufer auf CI 8,2 und auf T_2-Skala $69{,}22^0$ für α ablesen. Läufer auf 69,22 der S-Skala stellen und auf CI den Wert 23,1 für c ablesen.
Und noch ein Beispiel mit Benutzung der Korrekturmarke:

6. $a = 51{,}2$; $c = 612$. Gesucht α und b.
C 1 über D 51,2, Läufer auf CI 612; auf ST-Skala $4{,}8^0$ ablesen. Jetzt um das Korrekturintervall für Tangens nach rechts gehen und auf CI für $b = 610$ ablesen.

Beispiele für das schiefwinkelige Dreieck:

Hierfür gilt die Beziehung $\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$

1. $a = 38{,}3$; $\alpha = 52^0$; $\beta = 59^0$; $\gamma = 69^0$. Gesucht b und c.
C 383 über S 52^0 stellen. Mit Hilfe des Läuferstrichs kann man über S 59^0 und 69^0 die Ergebnisse $b = 41{,}7$ und $c = 45{,}4$ auf C ablesen.

2. $\alpha = 6^0$; $\beta = 5^0$; $c = 165$. Gesucht a und b.
Bekanntlich ist $\gamma = 180^0 - (\alpha + \beta) = 169^0$ und
$\sin \gamma = \sin (180^0 - \gamma) = \sin 11^0$.
Man stellt somit C 165 über S 11^0 und kann auf der Arcusskala unter Benutzung der Korrekturmarken die Winkel mit dem Läuferstrich aufsuchen und auf der C-Skala die Werte für a = 90,4 und b = 75,4 ablesen.

Kosinus und **Kotangens** erhält man mit Hilfe der Komplementärwinkel
$\cos \alpha = \sin (90^0 - \alpha)$; $\cot \alpha = \tan (90^0 - \alpha)$.
Beispiele:

1. b = 1,17; a = 2,23. Gesucht α und c.
C 1 über D 1,17, Läufer auf CI 2,23; darüber auf T_1-Skala für α (invers, rote Zahlen) $62{,}3^0$ ablesen. Nun Läufer auf (invers, rote Zahlen) $62{,}3^0$ der S-Skala. Darüber auf CI 2,52 für c ablesen.

2. b = 4,42; c = 46,2. Gesucht α und a.
C 1 über D 4,42; Läufer über CI 46,2. Auf ST (invers) $84{,}52^0$ für α ablesen. (Wird Korrekturwert berücksichtigt, nämlich eine Teilstrichbreite nach **rechts**, erhalten wir genau $84{,}5^0$.)
Nun Läufer auf (invers) $84{,}5^0$ der ST-Skala (Tangenskorrektur berücksichtigen!) und darüber auf CI für a = 46 ablesen.

Gebrauch der ϱ-Marke

Man kann auch die ϱ-Marke zur Bestimmung von Bogenmaß bzw. arc-Funktion benutzen gemäß der Beziehung

$$g \cdot \alpha = 0{,}01745 \cdot \alpha = \text{arc}\ \alpha$$

Stellt man C 1 über ϱ auf D oder CF 1 unter ϱ auf DF, hat man eine arc-Tabelle auf D (Winkelwert auf C) oder auf DF (Winkelwert auf CF).
Beispiele: arc $2{,}5^0 = 0{,}0436$; arc $0{,}4^0 = 0{,}00698$; arc $0{,}0052^0 = 0{,}0000907$
Einstellen und Ablesen mit Hilfe des Läufers.

Die pythagoreische Teilung P

Diese Teilung stellt die Funktion $y = \sqrt{1-(0{,}1\,x)^2}$ dar; sie arbeitet mit D (= x) zusammen. Die Teilung ist gegenläufig, daher rot eingefärbt.

Trigonometrische Berechnungen

Die **P**-Skala bietet den Vorteil, daß man für **große Sinus-** und **kleine Cosinuswinkel** genauere Werte erhält. Während man auf der Skala D z. B. für sin 67^0 das Ergebnis nur mit 0,92 ablesen kann, findet man auf **P**, unter cos 67^0 = sin (90—67) den Wert genauer mit 0,9204.
Beispiele: $\sin 72{,}3^0 = 0{,}9526$; $\cos 12{,}3^0 = 0{,}9771$
$\sin 81{,}2^0 = 0{,}98821$; $\cos 6{,}3^0 = 0{,}99397$

Zu jedem **sin-Wert** auf der Skala D über dem Winkel auf S findet man den **cos-Wert auf der P-Skala** und umgekehrt. Man hat immer beide Werte sin α und cos α und kann ohne den Winkel abzulesen gleich vom sin zum cos übergehen.
Beispiel: $\sin 77^0 = 0{,}134$ entspricht dem cos-Wert 0,991

Wurzelberechnungen

Für Zahlen nahe unter 1, 100 usw. findet die **P**-Skala mit großer Genauigkeit Verwendung.
Beispiel: $\sqrt{0{,}925} = \sqrt{1\text{-}0{,}075} = \sqrt{1\text{-}(0{,}274)^2} = 0{,}9618$
Der Radikand wird von der nächsthöheren Zehnerpotenz subtrahiert. Die Differenz wird mit dem Läuferstrich auf der A-Skala eingestellt und die gesuchte Wurzel auf P abgelesen, diese wird noch mit der Wurzel der Zehnerpotenz, von der wir subtrahierten, multipliziert.

Auflösung des rechtwinkeligen Dreiecks

Mit Hiife der Skala P lassen sich Aufgaben dieser Art auch bei einer der Hypotenuse gegenüber sehr unterschiedlichen Kathetenlänge fast immer ohne Schieberumstellung lösen. Ist z. B. die Hypotenuse mit 13 cm und eine Kathete mit 5 cm gegeben, so stellt man C 13 über D 1 und liest unter C 5 auf P den Wert 0,923 ab. Dieser wird mit dem Läufer auf DF übertragen. Auf der Skala CF findet man dann die Länge der zweiten Kathete mit 12 cm.

Die Mantissenskala L für dekadische Logarithmen

Sie arbeitet mit Skala D zusammen und erlaubt das Ablesen der dekadischen Logarithmen.

Beispiel: lg 1,35 = 0,1303; lg 13,5 = 1,1303; man stellt den Läuferstrich über 1,35 der Skala D und liest darüber auf L das Ergebnis — 1303 ab. Die Kennziffer wird, wie üblich, selbst bestimmt.

Umgekehrt findet man zu dem Logarithmus den Numerus, man stellt den Läufer auf L ein und liest darunter auf D ab.

Übungen: lg 3 = 0,4772; lg 36,2 = 1,5587; lg 1,479 = 0,170 oder auch lg sin 25^0 = lg 0,4225 (auf D) = 0,6258—1 (auf L) = 9,6258—10; man kann also mit dem Läufer direkt von S 25^0 nach L-6258 ablesen.

Das Rechnen mit den Exponentialskalen LL_1, LL_2 und LL_3

Sie liegen am unteren Rand der Stabvorderseite, verlaufen von 1,0095 bis $6 \cdot 10^4$ und arbeiten mit C und D zusammen. Bei den LL-Skalen muß die Kommastellung beachtet werden.

1. Der Übergang von LL_1 nach LL_2 und von LL_2 nach LL_3 ergibt **Zehnerpotenzen** und der umgekehrte Vorgang **Zehnerwurzeln.**

   Beispiele: $1{,}02^{10} = 1{,}219$; $1{,}035^{10} = 1{,}4106$; $1{,}204^{10} = 6{,}417$;

   $1{,}443^{10} = 39{,}147$; $\sqrt[10]{2{,}1} = 1{,}07705$; $\sqrt[10]{1{,}28} = 1{,}025$;

   $\sqrt[10]{75} = 1{,}54$; $\sqrt[10]{950} = 1{,}985$.

2. Der Übergang von LL_1 nach LL_3 ergibt **Hunderterpotenzen** und der umgekehrte Vorgang **Hunderterwurzeln.**

   Beispiele: $1{,}025^{100} = 11{,}8$; $1{,}05^{100} = 131$;

   $\sqrt[100]{6} = 1{,}0182$; $\sqrt[100]{300} = 1{,}0587$.

3. Bevorzugte Anwendung findet die **LL_1-Skala** auch in der **Zinseszinsrechnung.**

Beispiel 1: Ein Kapital von DM 375 soll 10 Jahre zu $3^0/_0$ verzinst werden. Wie groß ist das Endkapital?

$K = K \cdot q^n$; $K = 375 \cdot 1{,}03^{10}$

Berechnung des Aufzinsungsfaktors $1{,}03^{10}$:

Man braucht nur den Läuferstrich auf LL_1-1,03 zu stellen und darunter auf LL_2 den Aufzinsungsfaktor 1,344 abzulesen.

Die Multiplikation 375 · 1,344 auf den Skalen C und D ergibt DM 504,—.

Beispiel 2: Auf welche Summe wachsen DM 614,— in 8 Jahren bei $4^1/_2{}^0/_0$ an?

$K = 614 \cdot 1{,}045^8$

Stelle C-10 mit Hilfe des Läuferstriches über LL_1-1,045. Nun kann man auf der Skala LL_2 unter C-8 das Ergebnis 1,422 ablesen.

Das Anfangskapital von DM 614,— mit dem Faktor 1,422 multipliziert ergibt DM 873,—.

Beispiel 3: Es soll das Endkapital von einem Anfangskapital von 1540,— DM errechnet werden, das 14,5 Jahre mit $3^1/_4{}^0/_0$ auf Zinseszins gestanden hat.

$K = 1540 \cdot 1{,}0325^{14{,}5}$

In diesem Falle muß man von der LL_1-Skala auf die LL_2-Skala überwechseln, da die Anzahl der Jahre über 10 ist. (Steigt die Jahresanzahl über 100, geht man sofort von der LL_1-Skala auf die LL_3-Skala über.) Man stellt mit Hilfe des Läuferstriches C-1 und LL_1-1,0325 gegenüber und liest auf der LL_2-Skala unter C-1,45 den Aufzinsungsfaktor 1,59 ab. Die Multiplikation des Anfangskapitals DM 1540,— mit dem Aufzinsungsfaktor 1,59 ergibt das Endkapital von DM 2450.

Die Potenzen der Zahl e $\approx$ 2,71828

Man stellt den Läufer über den Exponenten auf D.
Die e-Potenz wird auf den LL-Skalen abgelesen; es gilt bei LL_3 für die D-Skala der Bereich 1-10, bei LL_2 der Bereich 0,1-1 und bei LL_1 der Bereich 0,01-0,1.

Beispiele: $e^{1,61} = 5$. Man schiebt den Läuferstrich über D 1-6-1 und liest auf LL_3 das Ergebnis 5 ab.

$e^{0,161} = 1,1747$. Läuferstrich auf D 1-6-1, das aber jetzt als 0,161 zu gelten hat, Ergebnis 1,1747 auf LL_2.

$e^{6,22} = 5 \cdot 10^2 = 500$; $e^{0,622} = 1,862$; $e^{2,64} = 14$.
$e^{0,0161} = 1,01625$; $e^{0,0622} = 1,0642$.

Ist der Potenzexponent negativ, so verwendet man $e^{-n} = \frac{1}{e^n}$, rechnet also zunächst mit positivem n und sucht dann den reziproken Wert.

Beispiel: $e^{-0,0161} = \frac{1}{e^{0,0161}} = \frac{1}{1,01625} = 0,98402$.

Die Wurzeln aus der Zahl e

Man schreibt die Wurzel als Potenz mit reziprokem Exponenten und verfährt wie oben erwähnt.

Beispiele: $\sqrt[4]{e} = e^{0,25} = 1,284$; $\sqrt[0,25]{e} = e^4 = 54,6$; $\sqrt[8]{e} = e^{0,125} \doteq 1,133$;
$\sqrt[0,125]{e} = e^8 = 2981$; $\sqrt[12,5]{e} = e^{0,08} = 1,0834$.

Die natürlichen Logarithmen

findet man, wenn man von den LL-Skalen auf die Grundskalen übergeht. Hierbei gilt für die D-Skala wieder der Bereich 1-10 beim Arbeiten mit LL_3, der Bereich 0,1-1 mit LL_2 und der Bereich 0,01-0,1 mit LL_1.

Beispiele: ln 25 = 3,22; man stellt den Läufer über LL_3-25 und liest darüber auf D das Ergebnis 3,22 ab.

ln 1,3 = 0,262; man stellt den Läufer über LL_2-1,3 und findet darüber auf D das Ergbenis 0,262.

Übungen: ln 145 = 4,97; ln 36 = 3,58; ln 1,84 = 0,61; ln 1,0145 = 0,0144.
Die natürlichen Logarithmen der Zahlen unter 1 findet man gemäß der Beziehung $\ln a = -\ln\frac{1}{a}$

Potenzen beliebiger Zahlen

Potenzen der Form a^n erhält man, indem C 1 mit Hilfe des Läuferstrichs über den Basiswert a der entsprechenden LL-Skala gebracht und der Läuferstrich dann auf C-n verschoben wird. Es gilt wieder die Stellenwertsregel, also bei LL_3 für die D-Skala der Bereich 1-10, bei LL_2 der Bereich 0,1-1 und bei LL_1 der Bereich 0,01-0,1.

Beispiel: $3,75^{2,96} = 50$; stelle Läufer über LL_3-3,75; ziehe C 1 unter den Läuferstrich, dann Läuferstrich über C 2,96 und darunter auf LL_3 das Ergebnis 50 ablesen.

Übungen: $4,2^{2,16} = 22,2$; $4,2^{0,216} = 1,364$; aus beiden Beispielen ist ersichtlich, daß die Stellenwertsregel zu beachten ist.

Weitere Übungen: $1{,}124^{2,22} = 1{,}296$; $1{,}282^{1,66} = 1{,}51$; $11{,}5^{2,53} = 483$.
Kann n auf C rechts nicht mehr eingestellt werden, stellt man C 10 statt C 1 über den Basiswert, liest aber das Ergebnis auf der nächsten LL-Skala ab.

Übungen: $1{,}665^{3,15} = 4{,}98$; $1{,}966^{6,65} = 87{,}8$; $2{,}462^{2,32} = 8{,}07$.

Übersteigt der Exponent 10, kann die Potenz oft ausgerechnet werden, indem man den Übergang von LL_2 zu LL_3 ausnutzt.

Beispiel: $1{,}0275^{14,5} = (1{,}0275^{10})^{1,45} = 1{,}482$; $1{,}254^{13} = (1{,}254^{10})^{1,3} = 18{,}96$.
Eine Ablesung des Zwischenergebnisses ist nicht nötig.

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 Skala CI.

Beispiel: $\sqrt[4,4]{23} = 2{,}04$; stelle CI 10 mit Hilfe des Läuferstrichs über LL_3-23 und lies ebenfalls mit dem Läuferstrich bei CI 4,4 auf LL_2 das Ergebnis 2,04 ab.

Übungen:

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

$\sqrt[1,95]{23{,}5} = 5{,}05$; (CI 1 über LL_3-23,5, unter CI 1,95 auf LL_3 5,05 ablesen)

$\sqrt[2,36]{15} = 3{,}15$; (CI 1 über LL_3-15, unter CI 2,36 auf LL_3 3,15 ablesen)

$\sqrt[1,75]{8{,}75} = 1{,}354$; (CI 10 über LL_3-8,75, unter CI 7,15 auf LL_2 1,354 ablesen)

Logarithmen mit beliebiger Basis

Man stellt den Zungenanfang C 1 oder Zungenende C 10 über die Basis auf der LL-Skala und erhält eine Tabelle der entsprechenden Logarithmen.

Beispiel: ${}^{2}\log 200 = 7{,}65$; ${}^{2}\log 22 = 4{,}46$; ${}^{2}\log 1{,}89 = 0{,}918$.

Man stellt C 1 oder C 10 mit Hilfe des Läuferstrichs über LL_2-2, erhält eine Tabelle und kann nun mit Hilfe des Läufers ablesen: bei LL_3-200 den Wert 7,65 auf C; bei LL_3-22 den Wert 4,46 auf C; bei LL_2-1,89 den Wert 0,918 auf C.

Übungen: ${}^{5}\log 25 = 2$; ${}^{5}\log 60 = 2{,}54$; ${}^{5}\log 800 = 4{,}15$
${}^{10}\log 20 = 1{,}301$; ${}^{10}\log 2 = 0{,}301$; ${}^{10}\log 800 = 2{,}9$

Die dekadischen Logarithmen

Mit Hilfe dse Läuferstrichs stellt man C 1 oder C 10 über LL_3-10 und hat damit eine Tabelle der dekadischen Logarithmen.
Gleichfalls mit dem Läuferstrich kann nun eingestellt und abgelesen werden

$\lg 10 = 1$; $\lg 100 = 2$; $\lg 1000 = 3$; $\lg 200 = 2{,}301$
$\lg 20 = 1{,}301$; $\lg 2 = 0{,}301$; $\lg 1{,}1 = 0{,}0414$.

Die Sinusskala S'

befindet sich auf der Stabrückseite. Da die Skala beweglich ist, können vereinfachte Multiplikationen und Divisionen von Winkelfunktionen durchgeführt werden, ohne die Funktionswerte ablesen zu müssen.

Beispiel: $\sin 41^0 \cdot \sin 23^0 = 0{,}2562$

Rechtes Skalenende mit Hilfe des Läuferstrichs über S 41 (Stabkörper unten). Lies unter S' 23 (Zungenmitte) das Ergebnis 0,2562 auf Skala D ab.
Bei Aufgaben $a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta$ beginnt man stets mit a auf Skala D.

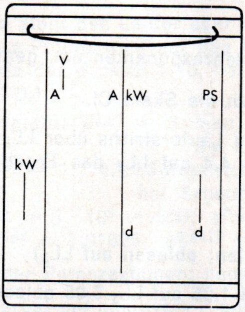
Übungsbeispiele: $\tan \beta = \tan 40^0 \cdot \cos 12^0 = 0{,}82;\ \beta = 39{,}35^0$

$$\tan \beta = \frac{\tan 37^0}{\sin 14^0} = 3{,}117;\ \beta = 72{,}2^0$$

$$\sin \beta = \frac{\cos 33^0}{\cos 48^0} = 0{,}1254;\ \beta = 7{,}2^0$$

Der Mehrstrichläufer

Der Mehrstrichläufer ermöglicht verschiedene, wichtige Rechnungen.



1. Berechnung des Flächeninhalts eines Kreises aus gegebenem Durchmesser. Man stellt den mittleren oder rechten unteren Läuferstrich über den Durchmesser 3,2 cm auf der Teilung **D** und liest auf dem links davon liegenden Läuferstrich auf der Teilung **A** das Ergebnis 8,04 cm² ab.

2. Berechnung von Rundeisen in kg/m. Man stellt den rechten unteren Läuferstrich über den $\varnothing$, z. B. 4,3 cm, und kann unter dem linken oberen Läuferstrich das Metergewicht 11,4 kg ablesen.

3. Umwandlung von kW in PS und umgekehrt.

B e i s p i e l : 28 PS = 20,6 kW. Man stellt den rechten Läuferstrich über 28 auf der Skala **A.** Unter dem Läuferstrich **kW** findet man gleichfalls auf **A** die gesuchte Wattzahl 20,6.

Die beiden Seitenstriche sind anzuwenden, wenn an den Teilungsenden mit dem Hauptstrich nicht mehr eingestellt und abgelesen werden kann.

Für **direkte Rechnung mit dem Faktor 3,6** dient die obere rechte Strichmarke auf der Läuferrückseite.

Beispiele: 150 km/h = 41,6 m/sek (Marke 3,6 auf DF 150 ergibt unter dem Hauptstrich auf D 41,6).
Die Zinsen von 2420,— DM zu 3,75% in 95 Tagen sind zu ermitteln (Marke 3,6 auf DF 2420; CI 3,75 unter Hauptstrich, über CF 95 die Zinsen DM 24,— auf DF ablesen).

Läufermarke V zur Berechnung von Kugelvolumen

Der Kugeldurchmesser wird auf der Skala D unter der **rechten** Marke d eingestellt, das Volumen auf der Skala K unter der Marke V abgelesen.

Beispiele: d =	2,16	V =	5,27
	2,5		8,17
	4,0		33,50
	8,3		299,33

Behandlung des CASTELL-Schulrechenstabes

CASTELL-Schulrechenstäbe sind aus Spezialkunststoff gefertigt. Dieser ist hochelastisch und daher bei sachgemäßer Behandlung bruchsicher. Er ist klimabeständig, unempfindlich gegen Feuchtigkeit, nicht entflammbar, beständig gegen die meisten Chemikalien. Man soll Kunststoff-Rechenstäbe aber nicht mit ätzenden Flüssigkeiten oder starken Lösungsmitteln (z. B. Benzin) 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 mit den Spezialmitteln CASTELL-Geropur Nr. 211 (flüssig) oder Nr. 212 (Reinigungspaste) gereinigt werden.

673 1/760 d

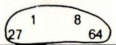
Symbole aus der Mengenlehre

FABER-CASTELL

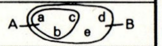
Bezeichnung häufig vorkommender Mengen

Zeichen	Bedeutung	
Ø; { }	Menge ohne Elemente, leere Menge	
{0}	Menge mit dem Element Null	
N	Menge der natürlichen Zahlen	
N_0	Menge der natürlichen Zahlen einschließlich der Null	
Z	Menge der ganzen (positiven und negativen) Zahlen	N ⊂ Z
Q	Menge der rationalen Zahlen	Z ⊂ Q
R	Menge der reellen Zahlen	Q ⊂ R
C	Menge der komplexen Zahlen	R ⊂ C

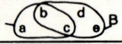
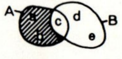
Darstellungsarten von Mengen

Art	Beispiele	Lesarten
aufzählend	M_1 = {a; b; c; d; e}	M_1 ist Menge mit den Elementen a, b, c, d, e
beschreibend	M_2 = {x | x = 2n und n ∈ N}	M_2 ist Menge aller x, für die gilt: x ist gleich 2n und n ist Element der Menge der natürlichen Zahlen
Venn-Diagramm	M_3 = 	M_3 ist Menge aller positiven Kubikzahlen bis 100

Mengenbeziehungen

Beziehung	Bedeutung und Lesart	Beispiele
A = B	A gleich B	{a; b; c} = {b; c; a}
A ≠ B	A ungleich B	{a; b; c} ≠ {b; c; d}
A ∼ B	A ist gleichmächtig B; A ist äquivalent B	{a; b; c} ∼ {x; y; z}
a ∈ M	a ist Element von M	a ∈ {a; b; c} = M
d ∉ M	d ist nicht Element von M	d ∉ {a; b; c} = M
A ⊂ B	A ist echte Teilmenge von B	{a; b; c} ⊂ {a; b; c; d; e} 
A ⊆ B	A ist (echte oder unechte) Teilmenge von B	{a; b; c} ⊆ {a; b; c; d; e} {x; y; z} ⊆ {y; x; z} A ⊆ A { } ⊆ A

Mengenbeziehungen

Beziehung	Bedeutung und Lesart	Beispiele
A ⊄ B	A ist nicht Teilmenge von B	{a; b; c} ⊄ {b; c; d; e} 
A ∪ B	A vereinigt mit B; Vereinigungsmenge A mit B	{a; b; c}∪{b; c; d} = {a; b; c; d} 
A ∩ B	A geschnitten mit B; Durchschnittsmenge von A und B	{a; b; c}∩{b; c; d} = {b; c} 
A ∖ B	Menge aller Elemente, die zu A, aber nicht zu B gehören; Restmenge A ohne B	{a; b; c}∖{c; d; e} = {a; b} 
A × B	Produktmenge von A und B; Paarmenge von A und B	mit A = {a; b} und B = {c; d} erhält man A × B = {(a; c); (a; d); (b; c); (b; d)}