
NESTLER
Multimath
Duplex
A - 570 - Sch

Anleitung zum Rechenstab Multimath-Duplex 0292

ALBERT NESTLER GmbH · Lahr/Schwarzwald

Inhaltsübersicht

A. Grundlagen und Grundrechnungsarten

1. Die Anordnung der Skalen 2
2. Das Prinzip des Rechenstabes 4
3. Das Einstellen und Ablesen auf den Skalen C, D, CF, DF, CI, CIF 4
4. Schema-Darstellung der Rechenbeispiele 7
5. Die Multiplikation 7
6. Die Division 9
7. Vereinigte Multiplikation und Division 10
8. Tabellenbildung und Proportionen 11
9. Die Reziprokskala CI 12
10. Die versetzten Grundskalen CF, DF, CIF 13
11. Quadrat und Quadratwurzel 15
12. Quadrat und Quadratwurzel mit den Wurzelskalen R_1, R_2 16
13. Kubus und Kubikwurzel 17

B. Die Winkelfunktionen

1. Die trigonometrischen Skalen 18
2. Die Sinus-Cosinus-Skala S 18
3. Der Sinussatz 20
4. Die Tangens-Cotangens-Skalen T_1, T_2 21
5. Die Arcus-Skala ST – Kleine Winkel 21
5.1 Gradmaß – Bogenmaß 23
5.2 Die Marken ϱ' und ϱ'' 23
6. Die pythagoreische Skala P 24

C. Exponential- und Logarithmus-Funktionen

1. Die Exponentialskalen LL 26
2. Potenzen der Form $y = a^x$ 27
2.1 Potenzen von e 30
2.2 Spezialfälle der Potenz $y = a^x$ 31
3. Wurzeln der Form $a = \sqrt[x]{y}$ 32
4. Logarithmen der Form $x = {}^a\log y$ 33
4.1 Dekadische Logarithmen 34
4.2 Natürliche Logarithmen 35
5. Zusammengesetzte Funktionen 37
6. Hyperbolische Funktionen 37

D. Verschiedenes

1. Der Läufer 38
1.1 Marke 3–6 38
1.2 Marken für KW und PS 38
1.3 Marken für d und q 39
2. Behandlung und Reinigung der Rechenstäbe 39
3. Logarithmen-Maßstab mit Normzahlentabellen und Darstellung der trigonometrischen Funktionen 40

Der Rechenstab Nestler - Multimath - Duplex Nr. 0292

1. Die Anordnung der Skalen

Vorderseite:	LL 00	Exponentialskala 0,999 bis 0,99	$e^{-0{,}001x}$	Körper oben
	LL 01	0,99 bis 0,90	$e^{-0{,}01x}$	
	LL 02	0,91 bis 0,35	$e^{-0{,}1x}$	
	LL 03	0,40 bis 0,00001	e^{-x}	
	DF	Um π versetzte Grundskala	$\pi \cdot x$	
	CF	Um π versetzte Grundskala	$\pi \cdot x$	Zunge
	CIF	Um π versetzte Reziprokskala	$1/\pi \cdot x$	
	CI	Reziproke Grundskala	$1/x$	
	C	Grundskala	x	
	D	Grundskala	x	Körper unten
	LL 3	Exponentialskala 2.50 bis 100 000	e^{x}	
	LL 2	1,10 bis 3,00	$e^{0{,}1x}$	
	LL 1	1,01 bis 1,11	$e^{0{,}01x}$	
	LL 0	1,001 bis 1,01	$e^{0{,}001x}$	

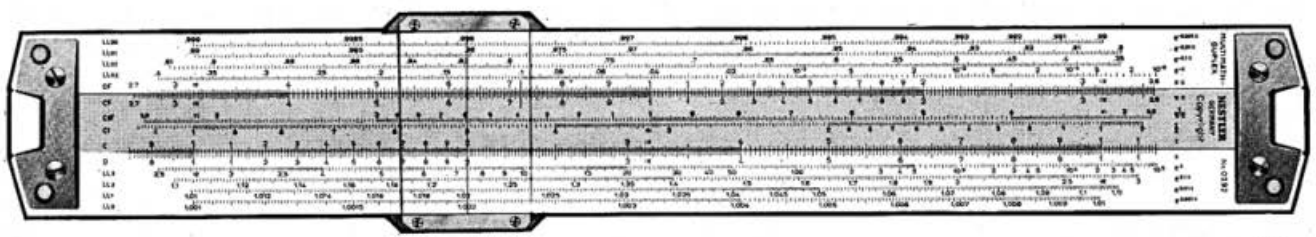


Abb. 1

Rückseite:

P	Pythagoreische Skala	$\sqrt{1-x^2}$	Körper oben
S	Sinusskala von 5,5° bis 90°	∢ sin ∢ cos	
T_1	Tangensskala von 5,5° bis 45°	∢ tan ∢ cot	
T_2	Tangensskala von 45° bis 84,5°	∢ tan ∢ cot	
A	Quadratskala	x^2	
B	Quadratskala	x^2	Zunge
K	Kubikskala	x^3	
CI	Reziproke Grundskala	$1/x$	
C	Grundskala	x	
D	Grundskala	x	Körper unten
R_1	Wurzelskala von 1–3,16	$\sqrt{x}$	
R_2	Wurzelskala von 3,16–10	$\sqrt{10x}$	
L	Mantissenskala	0,5 lg x	
ST	Skala kleiner Winkel von 0,55° bis 6°	∢ arc x	

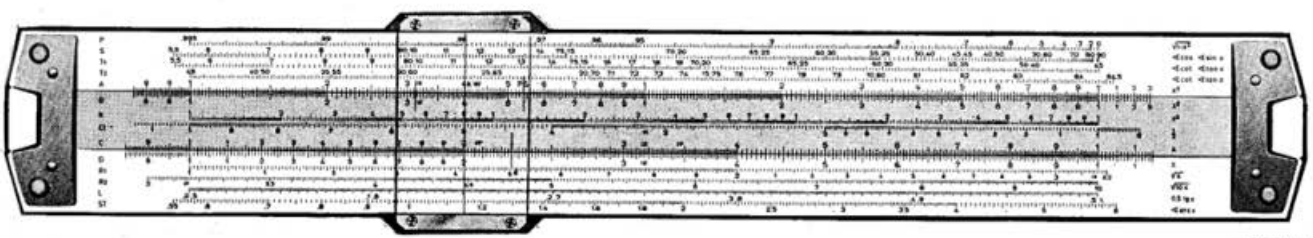


Abb. 2

2. Das Prinzip des Rechenstabes

Der Rechenstab verdankt seine Existenz den Logarithmen. Durch die Verwendung der Logarithmen der Zahlen an Stelle der Zahlen selbst wird jede Rechenart durch die nächstniedrigere ersetzt. Aus der Multiplikation wird eine Addition, aus der Division wird eine Subtraktion.

Bei der **Multiplikation** werden die Logarithmen der Faktoren als Strecken geometrisch aneinandergefügt, die Summe beider Strecken, die Gesamtstrecke, stellt den Logarithmus des Produktes dar.

$a \cdot b = c$ Multiplikation $2 \cdot 3 = 6$

$\lg a + \lg b = \lg c$

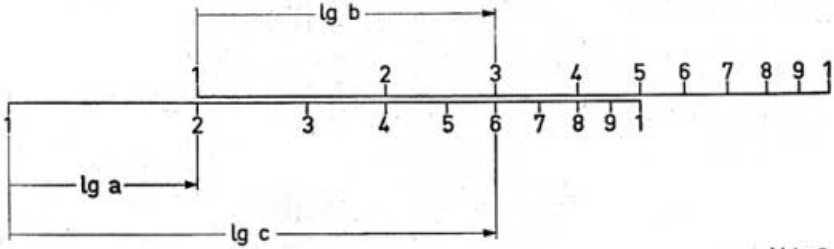


Abb. 3

Bei der **Division** wird von der Strecke „lg des Dividenden" die Strecke „lg des Divisors" abgetragen. Der Rest, die Differenz beider Strecken, stellt den Logarithmus des Quotienten dar.

$a : b = c$ Division $6 : 2 = 3$

$\lg a - \lg b = \lg c$

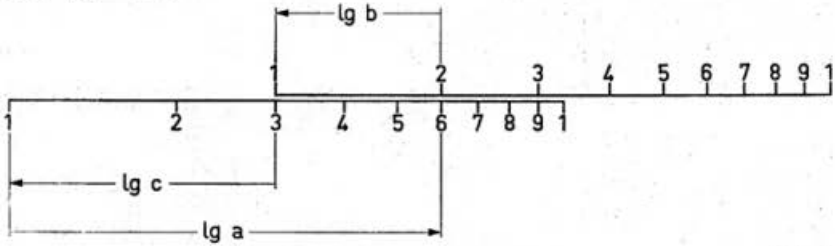


Abb. 4

3. Das Einstellen und Ablesen auf den Skalen C, D, CF, DF, CI, CIF

Sie wollen mit dem Rechenstab schnell und sicher rechnen. Dazu ist das richtige Einstellen und Ablesen auf den Skalen Voraussetzung. Die am meisten benutzten Grundskalen C und D sind in Abb. 5 mit den Hauptteilstrichen und in den drei folgenden Abbildungen mit den einzelnen Teilungsabschnitten dargestellt.

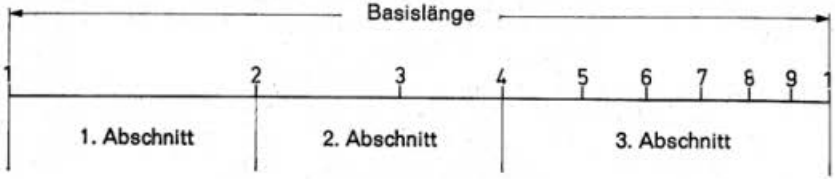
Beachten Sie, daß der Rechenstab nicht die Größenordnung einer Zahl angibt, sondern nur deren Ziffernfolge. Der Teilstrich 2 kann sowohl 2 als auch 20, 200, 2000, 0,2, 0,02, 0,002 usw. bedeuten. Es ist deshalb zweckmäßig, Zahlen als Ziffernfolgen ohne Komma und Stellenwert zu sprechen.

Beispiel: 0,0238

2 – 3 – 8 zwei – drei – acht
nicht: null komma null zwei drei acht

27500

2 – 7 – 5 zwei – sieben – fünf
nicht: siebenundzwanzigtausendfünfhundert



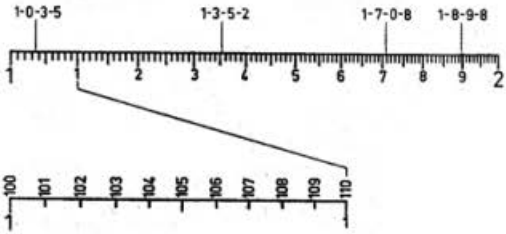
Hauptteilstriche und Teilungsabschnitte Abb. 5

Nach Abb. 5 sind drei unterschiedliche Teilungsabschnitte zu unterscheiden.

Der erste Abschnitt von 1 bis 2 ist in zehn bezifferte Teile geteilt, die durch kleine Striche nochmals zehnfach unterteilt sind. Dieser Abschnitt ist damit ähnlich der Teilung eines mm-Maßstabes. Wie Abb. 6 zeigt, kann eine Folge von drei Ziffern exakt an den Teilstrichen eingestellt werden; eine vierte Ziffer kann durch Schätzen eingestellt werden.

Die präzise Teilung und der feine Haarstrich des Läufers erlauben, zwischen den kleinen Teilstrichen in der Mitte oder fünffach zu unterteilen, so daß die vierte Stelle ...2 ...4 ...5 ...6 ...8 sein kann.

Beispiel: 1–0–3–5; 1–3–5–2; 1–7–0–8; 1–8–9–8

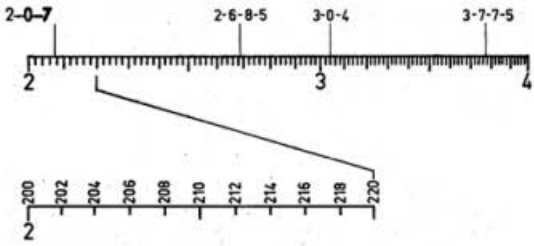


3 Ziffern exakt einstellbar
4. Ziffer schätzbar

Abschnitt 1 bis 2 der Grundskalen Abb. 6

Der zweite Abschnitt von 2 bis 4 ist zwischen den bezifferten Hauptteilstrichen wieder zehnfach unterteilt. Hier haben aber nur noch fünf kleine Teilstriche genügend Platz. Sie können wieder eine Folge von drei Ziffern genau einstellen, wobei aber die letzte Ziffer geradzahlig sein muß: 202, 204, 206 usw. Ist die letzte Ziffer ungeradzahlig, so müssen Sie diese zwischen zwei Teilstrichen einstellen. Als vierte Ziffer kann noch die 5 geschätzt werden.

Beispiel: 2–0–7; 2–6–8–5; 3–0–4; 3–7–7–5



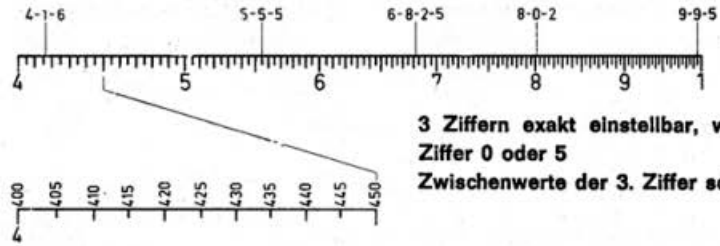
3 Ziffern exakt einstellbar, wenn letzte Ziffer gerade ist
4. Ziffer als 0005 schätzbar

Abschnitt 2 bis 4 der Grundskalen

Abb. 7

Der dritte Abschnitt von 4 bis 1 ist in Abb. 8 dargestellt. Zwischen den bezifferten Hauptteilstrichen ist ebenfalls zehnfach unterteilt; die kleinen Teilstriche halbieren, so daß Ziffernfolgen mit 0 und 5 am Ende – 4–0–0; 4–0–5; 4–1–0; 4–1–5 usw. – exakt eingestellt werden können. Durch Abschätzen lassen sich die Zwischenwerte 4–0–1; 4–0–2; 4–0–3; 4–0–4 usw. oder 4–0–7–5 usw. einstellen.

Beispiel: 4–1–6; 5–5–5; 6–8–2–5; 8–0–2; 9–9–5



3 Ziffern exakt einstellbar, wenn letzte Ziffer 0 oder 5
Zwischenwerte der 3. Ziffer schätzbar

Abschnitt 4 bis 1 der Grundskalen

Abb. 8

Rote Skalenbezifferung deutet auf eine entgegengesetzt verlaufende Skala hin, deren Ziffernwert von rechts nach links steigt. Es sind Reziprok- oder Kehrwertskalen, auch inverse Skalen genannt. Ebenso sind die Überteilungen am rechten und linken Ende der Skalen rot beziffert. Diese Überteilungen erlauben bei geringer Überschreitung das Weiterrechnen.

4. Schema-Darstellung der Rechenbeispiele

Die Beispiele sollen durch ein einfaches Schema graphisch dargestellt werden, damit die Reihenfolge der Einstellungen klar zu erkennen ist. Dazu sind die Skalen als parallele Linien in den Farben der Rechenstabbeschriftung ausgeführt. Die Zunge ist als grauer Streifen zu sehen. An den Enden der angedeuteten Skalen stehen links die internationalen Kurzzeichen und rechts die mathematischen Symbole.

Der senkrechte Strich mit den Querbalken an beiden Enden deutet den Mittelstrich des Läufers an. Der Pfeil am Läuferstrich gibt die Bewegungsrichtung an. Die Zahl über dem Läuferstrich zeigt die Reihenfolge der Einstellungen. Gekreuzte Linien zwischen zwei Schemata bedeuten den Rechenstab zu wenden. Es sind jeweils nur die Skalen dargestellt, die für das betreffende Beispiel benötigt werden.

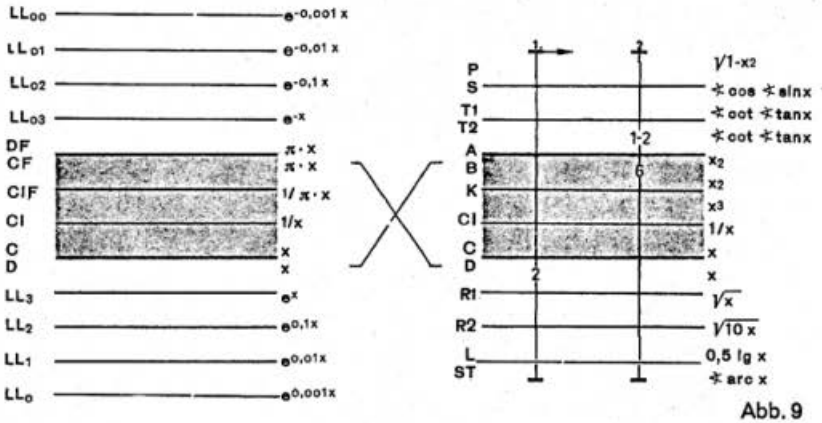


Abb. 9

5. Die Multiplikation

$$a \cdot b = c$$

Durch die Verwendung der Logarithmen der Zahlen an Stelle der Zahlen selbst wird aus der Multiplikation eine Addition. Indem wir den Faktoren entsprechende logarithmische Strecken aneinander fügen, führen wir die Multiplikation durch.

Für die Beispiele werden die Grundskalen C und D verwendet (Abb. 10 u. 11).

Rechengang: Stellen Sie – evtl. mit Hilfe des Läuferstriches – C–1–links über D 2–3–6, verschieben Sie den Läuferstrich über C 3–6 und lesen Sie unter dem Läuferstrich auf D das Ergebnis 8–5 ab.

Beim zweiten Beispiel ist entsprechend zu verfahren.

Die richtige Kommastellung muß durch eine überschlägige Kopfrechnung ermittelt werden, da der Rechenstab nur die Ziffernfolge, nicht die Größenordnung, angibt.

Beispiel: $2{,}36 \cdot 19{,}7 = 46{,}5$ $2{,}36 \cdot 3{,}6 = 8{,}5$

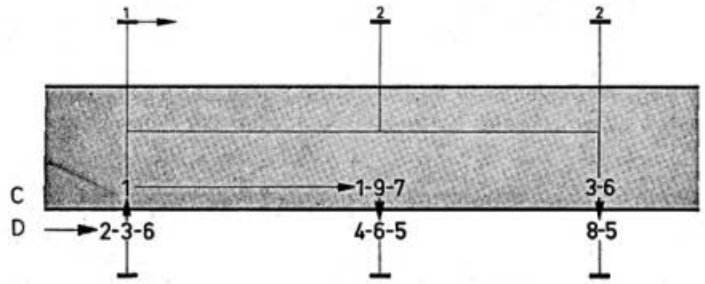


Abb. 10

Sollte die Multiplikation $2{,}36 \cdot 5$ durchgeführt werden, so muß eine andere Zungeneinstellung gewählt werden.

Das **Durchschieben der Zunge** (Zunge ragt links heraus) erlaubt, die Multiplikation auszuführen, die in der ersten Zungenstellung nicht möglich war.

Beispiel: $2{,}36 \cdot 5 = 11{,}8$ $2{,}36 \cdot 8.05 = 19$

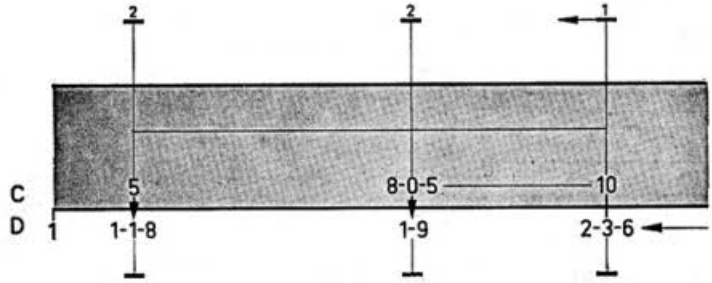


Abb. 11

Rechengang: Stellen Sie C–1–rechts – evtl. mit Hilfe des Läuferstriches – über D 2–3–6, verschieben Sie den Läuferstrich über C 5 und lesen Sie unter dem Läuferstrich auf D das Ergebnis 1–1–8 ab.

Nach etwas Übung wissen Sie sofort, welche Zungeneinstellung gewählt werden muß. Anfangs kann man sich folgender Merkregel bedienen:

Ist das Produkt der ersten Ziffern von a und b kleiner als 10, muß der erste Faktor mit C–1–links eingestellt werden (Zunge ragt rechts heraus), ist das Produkt größer als 10, muß der erste Faktor mit C–1–rechts eingestellt werden (Zunge ragt links heraus).

Die ersten Ziffern von a und b sind beim ersten Beispiel 2 und 3; da $2 \cdot 3 = 6$, kann mit C 1 links eingestellt werden.

Zur Multiplikation können auch die Quadrat-Skalen A und B verwendet werden. Dort entfällt das Durchschieben der Zunge, jedoch ist wegen der um die Hälfte kleineren Basislänge die resultierende Genauigkeit nur halb so groß.

Rechenvorteile bei gleichbleibender Genauigkeit ergeben die versetzten Skalen CF und DF (siehe Abschnitt 10).

6. Die Division

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

Die Division ist die Umkehrung der Multiplikation. Durch die Verwendung der Logarithmen der Zahlen an Stelle der Zahlen selbst wird aus der Division eine Subtraktion. Von der Strecke lg a ziehen wir die Strecke lg b ab und erhalten die Strecke lg c des Quotienten. Wie bei der Multiplikation brauchen Sie jedoch nur die Zahlen einzustellen, das Logarithmieren übernehmen die logarithmisch geteilten Skalen des Rechenstabes.

Beispiel: 71,5 : 2,86 = 25 85 : 34 = 2,5

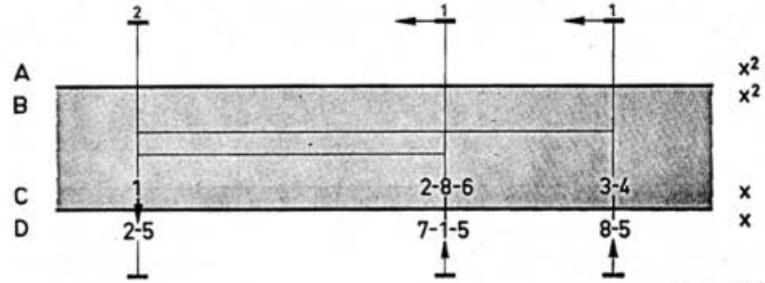


Abb. 12

Rechengang: Stellen Sie mit Hilfe des Läuferstriches Dividend 7–1–5 auf D und Divisor 2–8–6 auf C gegenüber, verschieben Sie den Läuferstrich über C 1 und lesen Sie als Ergebnis den Quotienten 2–5 auf D ab.

Beispiel: 1,075 : 1,72 = 0,625 230 : 36,8 = 6,25

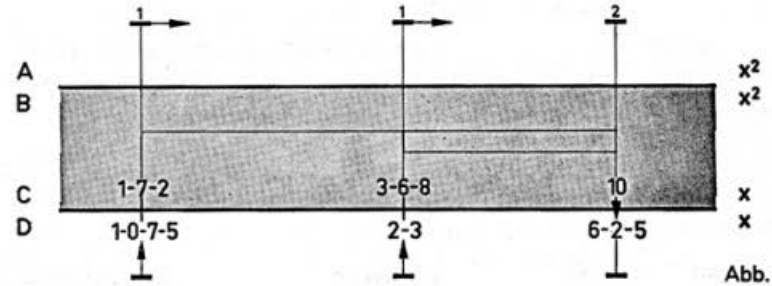


Abb. 13

Die Zungeneinstellung ist die gleiche wie bei der Multiplikation 25 · 2,86, nur ist die Reihenfolge der Einstellungen jetzt umgekehrt.

Ist die erste Ziffer des Dividenden kleiner als die des Divisors, muß die Zunge nach links durchgeschoben und das Ergebnis unter C-1-rechts abgelesen werden. Dazu braucht jedoch, im Gegensatz zur Multiplikation, keine Überlegung angestellt zu werden, da grundsätzlich nur eine Einstellung zur Lösung einer Division möglich ist.

Der Rechengang ist der gleiche wie vorher. Wie die Multiplikation kann auch die Division auf den Quadratskalen A und B durchgeführt werden, wobei wegen der um die Hälfte kleineren Basislänge nur die halbe Genauigkeit erreicht werden kann. **Rechenvorteile bei gleichbleibender Genauigkeit sind mit den versetzten Skalen CF und DF zu erreichen** (siehe Abschnitt 10).

7. Vereinigte Multiplikation und Division

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

Bei Ausdrücken der Form $\frac{a \cdot b}{c}$ beginnen Sie stets mit der Division und lassen dann abwechselnd Multiplikation und Division folgen.

Beispiel: $\frac{450 \cdot 2}{18} = 50$

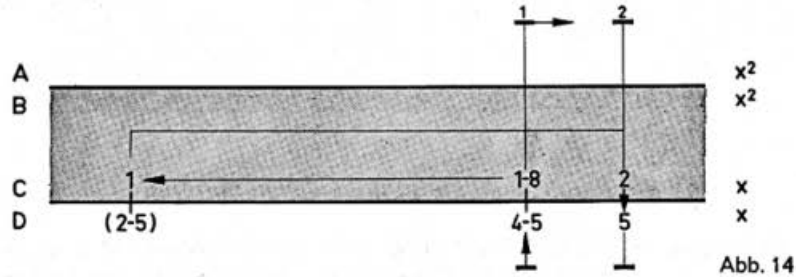


Abb. 14

Rechengang: Stellen Sie mit Hilfe des Läuferstriches den Wert von c (1–8) auf Skala C über den von a (4–5) auf Skala D. Verschieben Sie den Läuferstrich auf den Wert von b (2) und lesen Sie darunter auf Skala D das Ergebnis ab.

Im gleichen Sinne ist der Rechengang auch bei mehreren Faktoren in Zähler und Nenner durchzuführen. Die Zwischenergebnisse brauchen nicht beachtet zu werden.

Der Bruch $\frac{a \cdot b \cdot c \cdot d}{e \cdot f \cdot g}$ wird also nach folgendem Schema berechnet:

$$a \searrow e \nearrow b \searrow f \nearrow c \searrow g \nearrow d$$

Beispiel: $\frac{3{,}8 \cdot 6{,}27 \cdot 9{,}35}{7{,}2 \cdot 0{,}37} = 8\text{–}3\text{–}6 = 83{,}6$

Durch eine Überschlagsrechnung wird zum Schluß der Stellenwert bestimmt.

8. Tabellenbildung und Proportionen

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} \ldots$$

Bei jeder gegebenen Zungeneinstellung bildet der Rechenstab eine Tabelle, da die auf den Skalen C und D einander gegenüberliegenden Zahlen stets im gleichen Verhältnis stehen. Jede Multiplikations- oder Divisionseinstellung liefert nicht nur den einen gesuchten Wert, sondern ein ganzes Spektrum zueinandergehörender Wertepaare. Wird mit C 1 die Ziffernfolge 1–5 auf D eingestellt, so haben Sie eine Multiplikationstabelle mit dem konstanten Faktor 1–5 bzw. eine Divisionstabelle mit dem konstanten Quotienten 1–5 vorliegen. Wertepaare im Verhältnis 1 : 1–5 stehen einander gegenüber. Die Trennungslinie zwischen Körper- und Zungenskala versinnbildlicht dabei den Bruchstrich.

Beispiel: Tabelle für mm und Zoll
1 Zoll = 25,4 mm

940 mm = 37 Zoll
24 Zoll = 610 mm

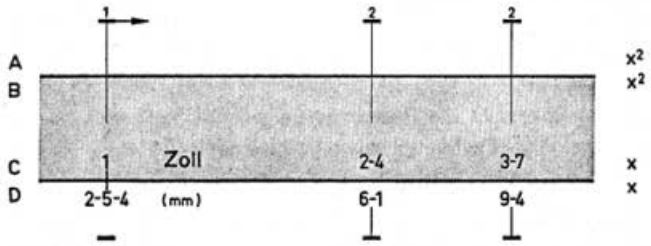
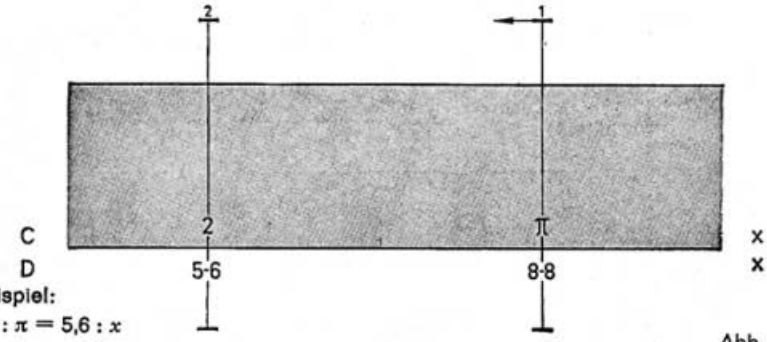


Abb. 15

Rechengang: Die vorgegebene Parität wird mit C–1 über D eingestellt und mit Hilfe des Läuferstriches das zu bestimmende Verhältnis aufgesucht.

Wie das Beispiel zeigt, kann bei dieser Tabellenstellung sowohl vom metrischen Maß in das angloamerikanische Maß als auch umgekehrt umgerechnet werden. Hier stehen sich Wertepaare im Verhältnis 1 : 2–5–4 gegenüber.



Beispiel:
$8{,}8 : \pi = 5{,}6 : x$
$x = 2$

Abb. 16

Auch eine Proportion der Form $a : b = c : x$ ist eine solche Verhältnisrechnung, bei der a und b einander gegenübergestellt werden und bei c der gesuchte Wert x abgelesen wird.

Rechenvorteile bieten die versetzten Skalen CF und DF, mit denen Sie komplette Wertepaare ohne Durchschieben der Zunge erhalten. (Siehe Abschnitt 10.)

9. Die Reziprokskala CI

$\frac{1}{a}$

Die Skala CI (C invers) entspricht in der Unterteilung völlig den Grundskalen C und D, sie verläuft aber entgegengesetzt zu diesen und ist deshalb rot beziffert. Ihre Anwendung ergibt verschiedene Rechenvorteile.

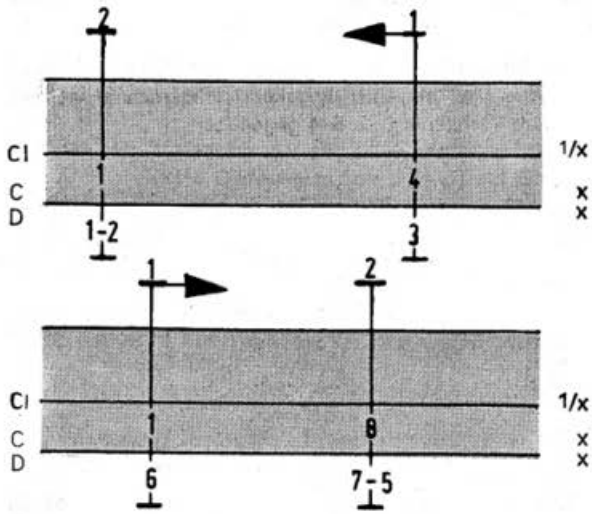
a) Zu jedem Wert a auf C finden Sie auf CI den **Kehrwert** $\frac{1}{a}$. Die Zunge steht dabei in Grundstellung (C 1 über D 1), zur Einstellung und Ablesung benützen Sie allein den Läuferstrich.

Beispiel: $\frac{1}{6} = 0{,}166$; $\frac{1}{4} = 0{,}25$

b) Als wesentlichen Vorzug erlaubt die Reziprokskala jede Multiplikation in eine Division und jede Division in eine Multiplikation umzuwandeln. Es ist

$$a \cdot b = a : \frac{1}{b} \text{ und } a : b = a \cdot \frac{1}{b}$$

Den Kehrwert $\frac{1}{b}$ stellen Sie als b auf CI ein.



$3 \cdot 4 = 3 : \frac{1}{4} = 12$

$60 : 8 = 60 \cdot \frac{1}{8} = 7{,}5$

Abb. 17

Merkregel: **Bei Benutzung der CI-Skala wird die Rechenart umgekehrt.**
Multiplikation wird zur Division
Division wird zur Multiplikation

Sollen die angeführten Beispiele mit den Grundskalen C und D gerechnet werden, muß die Zunge durchgeschoben werden. Verwenden Sie die CI-Skala, können Sie immer mit rechts herausragender Zunge arbeiten.

c) Vorteilhaft ist das bei der **Multiplikation mehrerer Faktoren** der Form $a \cdot b \cdot c \ldots \cdot n$

Beispiel: $35 \cdot 0{,}7 \cdot 25 = 612{,}5$

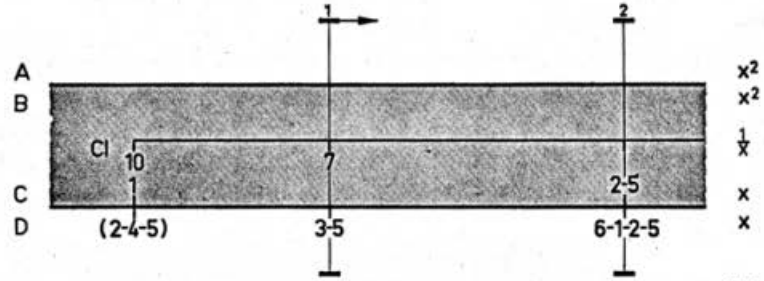


Abb. 18

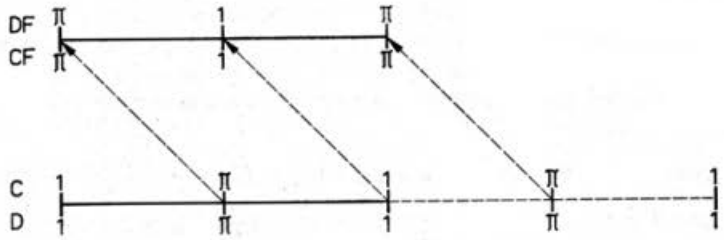
Rechengang: Stellen Sie CI 7 mit Hilfe des Läuferstriches über D 3–5. Verschieben Sie den Läuferstrich auf C 2–5 und lesen Sie darunter das Ergebnis 6–1–2–5 auf D ab.

d) Die vereinigte Multiplikation und Division ist ebenfalls mit Hilfe der Reziprokskala CI vorteilhaft zu rechnen. Wie in Abschnitt 8 beschrieben, wird mit der Division begonnen, dann abwechselnd Multiplikation und Division durchgeführt.

10. Die versetzten Grundskalen CF, DF, CIF

a) Diese Skalen entstanden aus dem Gedanken, sowohl das Durchschieben der Zunge zu vermeiden als auch eine vollständige über eine Dekade reichende Tabellenstellung zu ermöglichen.

Abb. 19 zeigt die Skalenversetzung um π.



Die Skalenversetzung

Abb. 19

Die Skalen CF, DF, CIF entsprechen in ihrer Basislänge und Unterteilung völlig den Grundskalen C, D. CI, wobei CI und CIF die beiden Reziprokskalen sind.

Vorteilhaft arbeiten Sie mit beiden Skalenpaaren kombiniert. Beim Übergang von dem unteren zu dem oberen Skalenpaar müssen Sie beachten, daß CF die Fortsetzung von C darstellt, ebenso DF die Fortsetzung von D. Das wird betont durch die grün eingefärbte Zunge.

Es gilt der Merksatz:
Gleiche Farbe – gleiche Skala

b) Bei der Tabellenbildung sehen Sie den Vorteil der versetzten Skalen am deutlichsten.

Beispiel: Umrechnung von Größen beim Zeichnen Maßstab 1 : 2,5 (Verkleinerung)

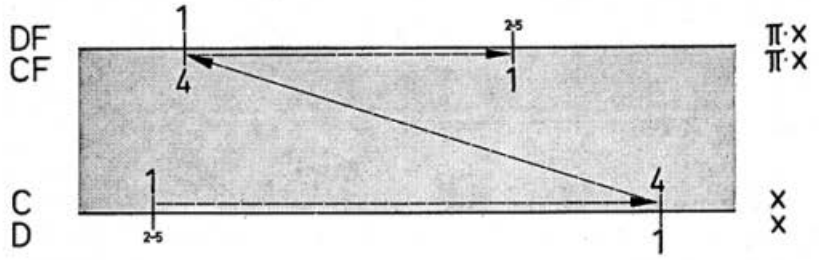


Abb. 20

Wie bei Abschnitt 8 – Tabellenbildung – beschrieben, stellen Sie das Verhältnis – hier: 1 : 2–5 – ein und lesen mit Hilfe des Läuferstriches die Wertepaare ab. Bei C 4 bricht die Tabelle ab und die Zunge müßte für die restlichen Wertepaare durchgeschoben werden. Durch den Übergang auf das versetzte Skalenpaar entfällt das Durchschieben der Zunge. Eine ganze Dekade kann jetzt mit einer Zungeneinstellung übersehen werden.

c) Ebenso vorteilhaft ist die kombinierte Anwendung des oberen und unteren Skalenpaares bei Multiplikation und Division. Das unbequeme Durchschieben der Zunge ist hierbei in den meisten Fällen nicht mehr nötig.

Sind bei einer Multiplikation beide Faktoren > 6, so reicht auch die Überlappung der Grundskalen mit den versetzten Skalen nicht mehr aus. Es ist dann zweckmäßig, wenn Sie sich der in Abschnitt 9 beschriebenen Reziprokskala CI bedienen und die Multiplikation durch eine Division mit dem Kehrwert eines Faktors ersetzen.

Der gleiche Weg ist einzuschlagen, wenn bei einer Division $a : b$ gleichzeitig der Dividend $a > 3–6$ und $a > b$ ist; z. B. $40 : 5 = 8$ wird gerechnet $40 \cdot \frac{1}{5} = 8$ (Siehe Abschn. 9)

d) Wie Abb. 19 zeigt, sind die Skalen CF, DF, CIF um den Wert π versetzt. Dadurch ergibt sich als weiterer Vorteil, daß beim Übergang von C, D nach CF, DF (unten nach oben) mit π multipliziert wird und beim umgekehrten Übergang (oben nach unten) durch π dividiert wird. Bei allen zusammengesetzten Aufgaben, die den Wert π enthalten, kann demnach π bei der letzten Ablesung berücksichtigt werden.

Beispiel: Fläche einer Ellipse $F = a \cdot b \cdot \pi$
mit $a = 1{,}64$ cm, $b = 4{,}25$ cm, $F = 1{,}64 \cdot 4{,}25 \cdot \pi = 21{,}9$ cm²

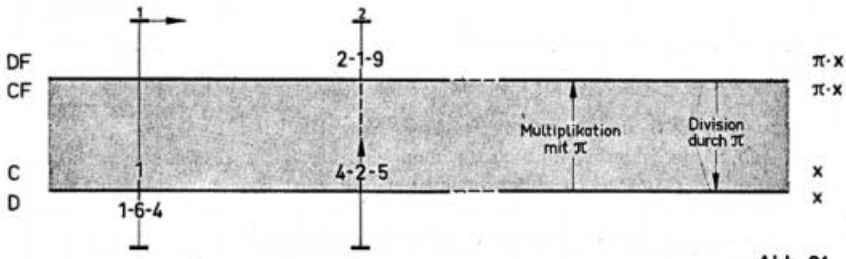


Abb. 21

e) Die Skala CIF gehört funktionsmäßig genauso zu CF, DF wie CI zu C, D; daher gilt alles in Abschnitt 9 über die Reziprokskala CI Gesagte auch für die versetzte Reziprokskala CIF.

11. Quadrat und Quadratwurzel

$a^2, \sqrt{a}$

Zu allen Zahlen x auf C und D finden Sie die Quadrate x^2 auf A und B, umgekehrt auf C und D die Qudratwurzeln $\sqrt{x}$ der Zahlen x von A und B. Die Zunge steht dabei in Grundstellung; die Ablesung erfolgt mit Hilfe des Läuferstriches.

Beispiel: $2^2 = 4$; $5^2 = 25$; $8{,}06^2 = 65$
$\sqrt{2} = 1{,}414$; $\sqrt{10} = 3{,}16$; $\sqrt{39} = 6{,}24$

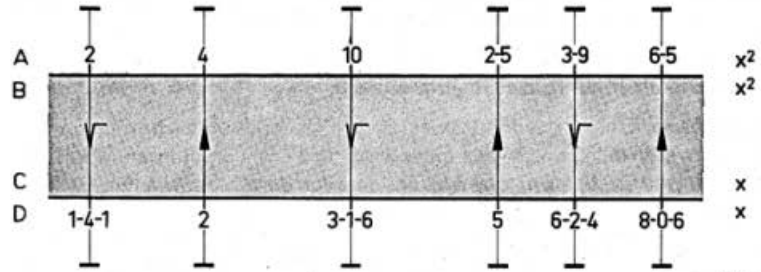


Abb. 22

Beachten Sie die richtige Einstellung des Radikanden auf A und B. Zahlen von 1 bis 10, 100 bis 1000 usw. müssen in die erste, Zahlen von 10 bis 100, 1000 bis 10000 usw. müssen in die zweite logarithmische Einheit gesetzt werden. Allgemein gilt:

Radikand mit ungerader Stellenzahl in linke Hälfte von A,

Radikand mit gerader Stellenzahl in rechte Hälfte von A einstellen.

12. Quadrat und Quadratwurzel mit den Wurzelskalen R_1, R_2

$a^2, \sqrt{a}$

Die Wurzelskalen R_1 und R_2 (von lat. radix = Wurzel):
Bei diesen Skalen handelt es sich um eine logarithmische Grundskala in 50 cm Länge, die bei $\sqrt{10} = 3{,}16$ abgebrochen und auf zwei Skalen verteilt ist. Somit bieten die Skalen R_1 und R_2 in Zusammenarbeit mit den Grundskalen C/D beim Quadrieren und Quadratwurzelziehen die erhöhte Stellengenauigkeit eines 50 cm langen Rechenstabes.

Beim QUADRIEREN ist die Basis auf R_1 bzw. R_2 einzustellen, das Quadrat auf D ablesbar.

Beispiel: R_1 2 ergibt darüber auf D das Quadrat 4;
R_2 3,66 ergibt darüber auf D das Quadrat 13,4.

Beim Übergang von R_1 / R_2 auf A/B ergibt sich die 4. Potenz, umgekehrt die 4. Wurzel. R_1 2 ergibt darüber auf A die 4. Potenz 16.
Ausgehend von R_1 / R_2 ist auf K die 6. Potenz ablesbar, umgekehrt die 6. Wurzel. R_1 2 ergibt darüber auf K die 6. Potenz 64.

Beim QUADRATWURZELZIEHEN werden die Radikanden auf D eingestellt. Die Quadratwurzeln für Radikanden von 1 bis 10 werden stellenwertrichtig auf R_1, die für Radikanden von 10 bis 100 stellenwertrichtig auf R_2 abgelesen.

Die mathematischen Symbole der Wurzelskalen kennzeichnen den Stellenwert der Skala D.

R_1	$\sqrt{x}$	Skala D x von 1 bis 10
R_2	$\sqrt{10x}$	Skala D 10 x von 10 bis 100

D 6,4 ergibt darunter auf R_1 als Quadratwurzel 2,53
D 64 ergibt darunter auf R_2 als Quadratwurzel 8

Sollen **größere** Zahlen quadriert oder deren Quadratwurzel gezogen werden, so ist es zweckmäßig, von Basis oder Radikand Zehnerpotenzen abzuspalten, um den richtigen Stellenwert des Quadrates oder der Quadratwurzel zu bestimmen.

$$366^2 = (3{,}66 \cdot 10^2)^2 = 13{,}4 \cdot 10^4 = 134000;$$
$$\sqrt{6150} = \sqrt{61{,}5} \cdot 10^2 = 7{,}84 \cdot 10^1 = 78{,}4.$$

13. **Kubus und Kubikwurzel**

$a^3, \sqrt[3]{a}$

Die Kubikskala K besitzt drei dekadische Einheiten innerhalb der Grundskala. Auf K finden Sie, mit Hilfe des Läuferstriches, den Kubus x^3 zu jeder Zahl x auf C und D.

Umgekehrt finden Sie auf C und D die Kubikwurzel $\sqrt[3]{x}$ zu dem auf K eingestellten Radikanden x.

Beispiel: $1{,}64^3 = 4{,}4$; $4^3 = 64$;
$\sqrt[3]{18} = 2{,}62$;
$\sqrt[3]{180} = 5{,}65$

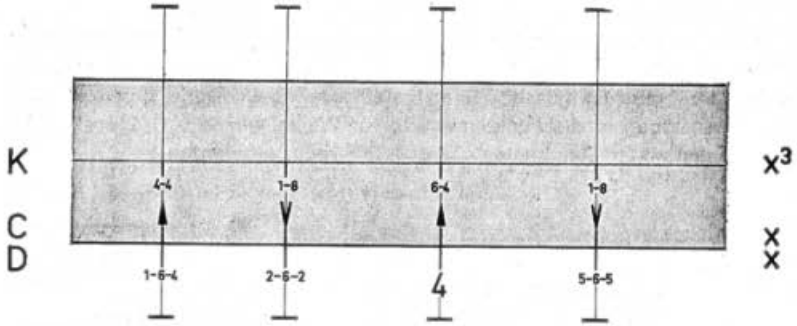


Abb. 23

Beachten Sie die richtige Einstellung des Radikanden auf K. Einstellige Zahlen sind in der ersten, zweistellige Zahlen in der zweiten und dreistellige Zahlen in der dritten Dekade einzustellen. Kleinere oder größere Zahlen teilen Sie vom Komma ausgehend in dreizifferige Gruppen und erkennen dann an der Stellenzahl der ersten Gruppe, in welcher Dekade die Zahl einzustellen ist.

B. Winkelfunktionen

1. Die trigonometrischen Skalen

Zur Berechnung der Winkelfunktionen befinden sich auf der Rückseite des Rechenstabes die pythagoreische Skala P, die Sinusskala S (mit Rotbezifferung für cos), die Tangensskalen T_1, T_2 (mit Rotbezifferung für cot) und die Arcusskala ST.

Die trigonometrischen Skalen arbeiten mit den Grundskalen C, D zusammen; die Sinusskala S zusätzlich mit der pythagoreischen Skala P.

Jede Einstellung eines Winkels auf den trigonometrischen Skalen gibt die zugehörige Winkelfunktion auf C, D bzw. P. Beim umgekehrten Vorgehen finden Sie zu jedem Funktionswert den entsprechenden Winkel. Die Zunge befindet sich, um Ablesefehler zu vermeiden, in Grundstellung.

Beachten Sie beim Einstellen der Winkelwerte, daß die Skalen dezimal unterteilt sind. Winkelangaben in Minuten und Sekunden, die heute nur noch selten benutzt werden, können deshalb erst nach Umrechnung in die dezimale Form eingestellt werden.

Die Genauigkeit der trigonometrischen Skalen entspricht einer 3- oder höchstens 4-stelligen Winkelfunktionstabelle. In den relativ seltenen Fällen, wo Sie genauere Funktionswerte brauchen, müssen Sie mehrstelligere Tabellenwerke benutzen. Auch geben Rechenstäbe nur die Funktionswerte für Winkel bis 90°. Größere Winkel müssen auf den ersten Quadranten von 0 . . . 90° reduziert werden.

2. Die Sinus-Cosinus-Skala S

sin α
cos α

Die Sinusskala hat schwarze Ziffern und das Zeichen „$\sphericalangle$ sin" auf der rechten Seite; sie reicht von 5,5° bis 90°. Nach der Beziehung $\cos\alpha = \sin(90° - \alpha)$ ist die Cosinusskala rückläufig und deshalb rot beziffert. Sie reicht von 0° bis 84,5°, auf der rechten Seite steht das Zeichen „$\sphericalangle$ cos". Die Teilung ist beiden Skalen gemeinsam.

Die Unterteilung ist in 6 Abschnitten vorgenommen:

sin α	Teilstrichabstand	cos α
5,5° bis 7°	0,05°	84,5° bis 83°
7° bis 15°	0,1°	83° bis 75°
15° bis 35°	0,2°	75° bis 55°
35° bis 60°	0,5°	55° bis 30°
60° bis 80°	1,0°	30° bis 10°
80° bis 90°	2,0°	10° bis 0°

Den Winkel α zu einem Funktionswert $x = \sin\alpha$, $\cos\alpha$ oder umgekehrt den Funktionswert zu einem Winkel erhalten Sie allein durch Einstellen des Läuferstriches. Die Zunge steht dabei in Grundstellung.

Beispiel: sin 30° = 0,5 cos 70° = 0,342
sin 9° = 0,1564 cos 41° = 0,755

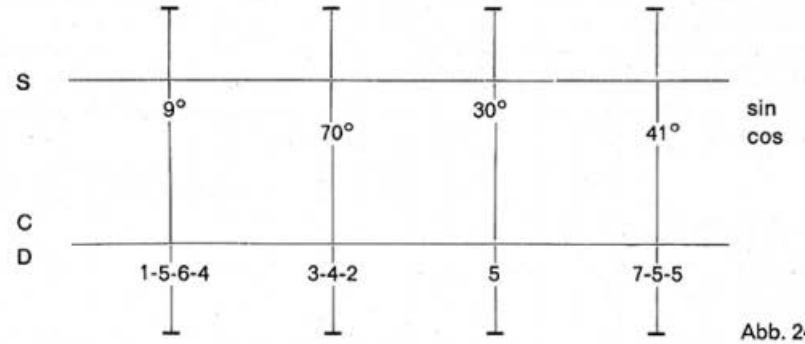


Abb. 24

Rechengang: Stellen Sie den Läuferstrich über ∢ sin (schwarz) oder ∢ cos (rot) auf Skala S, und lesen Sie den Funktionswert x auf Skala D ab. Zur Ermittlung des Winkels bei gegebenem Funktionswert gehen Sie den umgekehrten Weg von Skala D zur Skala S.

Für sin $>$ 45° und cos $<$45° nimmt die erreichbare Genauigkeit stark ab. Vorteilhaft ist dann die zusätzliche Benutzung der Skala P nach folgendem Schema:

Für kleine Winkel ($<$ 45°) gibt
Skala S (schwarz) mit Skala D (schwarz) eine Sinustabelle
Skala S (schwarz) mit Skala P (rot) eine Cosinustabelle

Für große Winkel ($>$ 45°) gibt
Skala S (rot) mit Skala P (rot) eine Sinustabelle
Skala S (rot) mit Skala D (schwarz) ein Cosinustabelle

Merkregel: **Gleiche Farben ergeben Sinustabelle**
Ungleiche Farben ergeben Cosinustabelle

Beispiel: $\alpha_1 = 14{,}3°$ (schwarz) $\alpha_2 = 75{,}7°$ (rot)
$\sin \alpha_1 = 0{,}247$ (schwarz) $\sin \alpha_2 = 0{,}969$ (rot)
$\cos \alpha_1 = 0{,}969$ (rot) $\cos \alpha_2 = 0{,}247$ (schwarz)

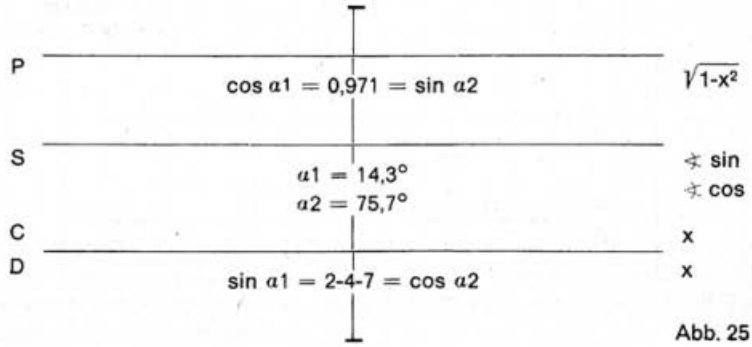


Abb. 25

Aus diesem Bild ist zu ersehen, daß mit einer Einstellung Sinus und Cosinus eines Winkels abgelesen werden kann, bzw. daß ohne Ablesung des Winkels vom Sinus zum Cosinus und umgekehrt übergegangen werden kann. Alle zusammengehörenden Wertegruppen stehen untereinander.
Die Skala S ist stellenwertrichtig, d. h. der Teilstrich 7° gilt nur für 7° und nicht dür dekadische Vielfache oder Teile davon. Die Funktionswerte x auf C, D zu den Winkeln α auf S, liegen zwischen 0,1 . . . 1,0, die Funktionswerte auf P sind stellenwertrichtig.

3. Sinussatz

Sehr vorteilhaft können Sie ebene Dreiecke nach dem Sinussatz

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}$$

mit dem Rechenstab bestimmen. Die Proportionsform erlaubt es, mit einer Zungeneinstellung alle Wertpaare abzulesen, sofern ein Verhältnis bekannt ist. Die Trennfuge zwischen Zunge und Körper kann als Bruchstrich aufgefaßt werden, wobei die Seiten a, b und c auf Skala C den Winkeln α, β und γ auf Skala S gegenüberstehen. Mit der Einstellung des bekannten Verhältnisses sind auch die beiden anderen Verhältnisse eingestellt. Zu jeder Seite kann jetzt der gegenüberliegende Winkel und zu jedem Winkel die gegenüberliegende Seite abgelesen werden.

Für ein beliebiges Dreieck muß ein Verhältnis (Seite: Winkel) und ein Winkel oder eine Seite gegeben sein. Mit $\alpha + \beta + \gamma = 180°$ kann das Dreieck vollständig bestimmt werden.

Von größerer praktischer Bedeutung ist jedoch die Berechnung rechtwinkliger Dreiecke. Mit $\gamma = 90°$ wird $\sin\gamma = 1$, bzw. $\sin\alpha = \sin(90° - \beta) = \cos\beta$ und $\sin\beta = \sin(90° - \alpha) = \cos\alpha$. Damit lautet der Sinussatz beim rechtwinkligen Dreieck:

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{1} \text{ und } \frac{a}{\cos\beta} = \frac{b}{\cos\alpha} = \frac{c}{1}$$

Mit zwei gegebenen Werten kann das Dreieck bestimmt werden.

Beispiel: $b = 15{,}5$ cm $\quad \alpha = 70°$ $\quad$ gesucht: a, c, β $\quad a = 42{,}6$ cm, $c = 45{,}3$ cm, $\beta = 90° - \alpha = 20$

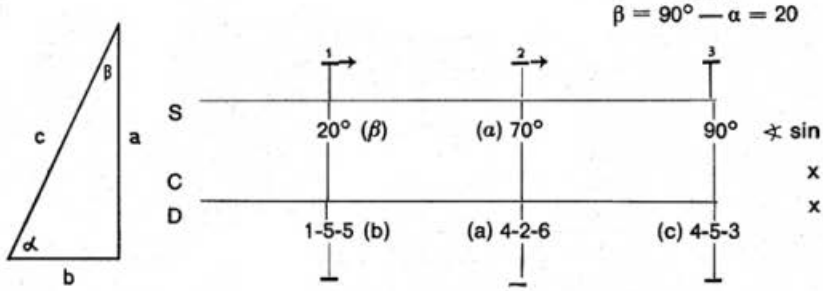


Abb. 26

Rechengang: Sie ermitteln Winkel β und stellen mit Skala C und Skala S das Verhältnis $b/\sin\beta$ ein.

(Läuferstellung 1) Über Winkel α und D 1 finden Sie die Strecken für a und c.

Sind die beiden Katheten a und b gegeben, muß zunächst Winkel α mit $\tan\alpha = a/b$ berechnet und auf Skala S übertragen werden. Dann kann, wie im letzten Beispiel gezeigt, die Proportion eingestellt und das Dreieck bestimmt werden.

4. Die Tangens-Cotangens-Skalen T_1, T_2

tan a
cot a

Die durchlaufenden Tangensskalen T_1, T_2 reichen von 5,5° bis 84,5°.

Sie ermöglichen unmittelbare Ablesung aller Tangens-Funktionswerte in diesem Winkelbereich auf der Grundskala D.

Beispiele: tan 30° = 0,577;
tan 70° = 2,75;

Rote Ziffern auf den Tangensskalen ergeben auf der Grundskala D die entsprechenden **Kotangensfunktionswerte.**

Beispiele: cot 30° = 1,73;
cot 70° = 0,364.

5. Die Arcus-Skala ST – Kleine Winkel

arc a

Die Funktionswerte kleiner Winkel bestimmen Sie mit der Skala ST nach der Beziehung: $\sin\alpha \approx \text{arc}\,\alpha \approx \tan\alpha$.

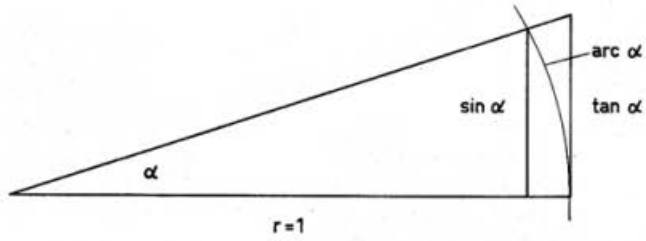


Abb. 27

Der durch diese Näherungslösung entstehende Fehler ist für Winkel $< 6°$ geringer als die Rechenstabgenauigkeit. In Abb. 27 sind die Winkelfunktionen am Einheitskreis dargestellt. Dort sehen Sie, daß die Differenz zwischen sin α, arc α und tan α linear mit dem Winkel abnimmt.

Die Skala ST ist im Bogenmaß geteilt und arbeitet mit der Grundskala C, D zusammen; sie reicht von 0,55° bis 6°. Die Unterteilung weist 4 Abschnitte auf:

$\sin\alpha \approx \arc\alpha \approx \tan\alpha$	Teilstrichabstand
0,55° bis 0,7°	0,005°
0,7° bis 2°	0,01°
2° bis 4°	0,02°
4° bis 6°	0,05°

Die Skala ST ist stellenwertrichtig für Winkel von 0,55° bis 6°. Im Gegensatz zu den anderen Winkelfunktionsskalen können auf ihr auch dekadische Teile (nicht Vielfachel) der Winkel von 0,55° bis 6° eingegeben werden. Der Skala C, D entnehmen Sie die zugehörenden Funktionswerte, wobei der Stellenwert zu beachten ist:

∢ 0,55° bis 6° ergeben Funktionswerte	von ≈ 0,01 bis 0,1
∢ 0,055° bis 0,6°	von ≈ 0,001 bis 0,01
∢ 0,005° bis 0,06°	von ≈ 0,0001 bis 0,001
usw.	

Nach der erweiterten Beziehung für $\alpha < 6°$:

$$\sin\alpha = \cos(90° - \alpha) \approx \tan\alpha = \cot(90° - \alpha) \approx \arc\alpha$$

kann auch der Cosinus und Cotangens von Winkeln $> 84{,}5°$ berechnet werden.

Beispiel:
$\sin 2° = \cos 88° \approx \tan 2° = \cot 88° \approx \arc 2° = 0{,}0349$
$\sin 0{,}01° = \cos 89{,}99° \approx \tan 0{,}01° = \cot 89{,}99 \approx \arc 0{,}01° = 0{,}0001745$

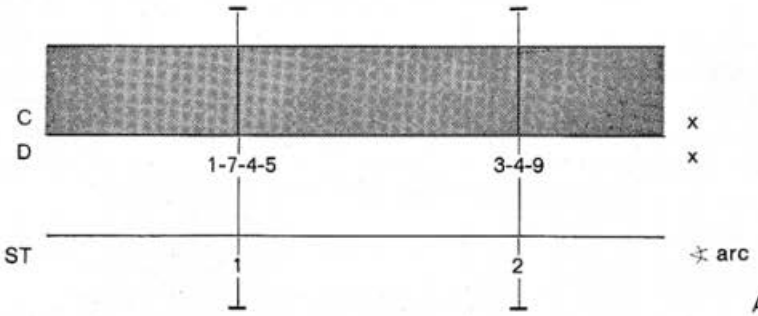


Abb. 28

Rechengang: Stellen Sie auf Skala ST für die Sinus-Tangens- oder Arcusfunktion kleiner Winkel den Winkel selbst und für die Cosinus- oder Cotangensfunktion großer Winkel den Komplementwinkel ein. Lesen Sie unter dem Läuferstrich auf Skala C, D den Funktionswert ab. Der richtige Stellenwert ist durch eine Überschlagsrechnung zu bestimmen.

Mit $\cot\alpha = 1/\tan\alpha$ kann der Cotangens kleiner Winkel berechnet werden. Den Funktionswert lesen Sie wegen des Kehrwertes auf Skala CI ab. Für Winkel cot 0,55° bis 6° liegt der Funktionswert ungefähr zwischen 100 bis 10, entsprechend steigen die Funktionswerte der dekadischen Teile der Winkel.

5.1 Gradmaß — Bogenmaß

Wie sich aus der Beziehung arc $\alpha = \frac{\pi}{180} \cdot \alpha = 0{,}01745\,\alpha$ leicht erkennen läßt, ist die Arcusskala ST eine um $\frac{\pi}{180}$ versetzte Grundskala. Damit gelingt es Ihnen, auf einfache Weise vom Gradmaß ins Bogenmaß und umgekehrt vom Bogenmaß ins Gradmaß zu übertragen. Da bei dieser Umrechnung nur der konstante Faktor $\frac{\pi}{180}$ auftritt, gilt die Skala ST nicht nur für die dort angegebenen Winkel, sondern auch für Vielfache und Teile davon.

Beispiel:
arc 0,35° = 0,0061 rad
arc 3,5° = 0,061 rad
arc 35° = 0,61 rad
arc 350° = 6,1 rad (360° = 2 π = 6,28 rad)

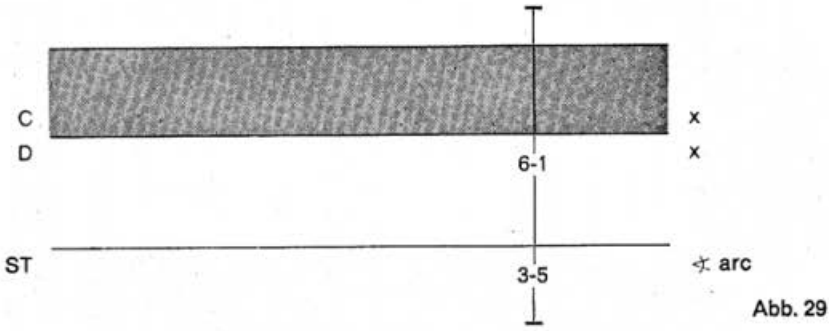


Abb. 29

Rechengang: Stellen Sie den Winkel auf der Skala ST ein. Mit Hilfe des Läuferstriches lesen Sie auf der Skala C, D das Bogenmaß zum Winkel ab Der Stellenwert ist durch eine Überschlagsrechnung zu bestimmen.

5.2 Die Marken ϱ' und ϱ''

Sehr kleine Winkel sind noch des öfteren in Minuten und Sekunden angegeben. Mit Hilfe der Marken ϱ' und ϱ'' in Skala C können sie ins Bogenmaß umgerechnet werden.

Für die Marken gilt:

$$\frac{180}{\pi} = \varrho^\circ = 57{,}3 \text{ für Grad}$$

$$\frac{180}{\pi} \cdot 60 = \varrho' = 3438 \text{ für Minuten}$$

$$\frac{180}{\pi} \cdot 60 \cdot 60 = \varrho'' = 206265 \text{ für Sekunden}$$

Damit wird arc $\alpha = \frac{\alpha^\circ}{\varrho^\circ} = \frac{\alpha'}{\varrho'} = \frac{\alpha''}{\varrho''}$

und wegen $\sin\alpha \approx \text{arc}\,\alpha \approx \tan\alpha$ erhalten Sie damit gleichzeitig den Sinus und Tangens des Winkels auf Skala D. Mit Hilfe des Läuferstriches ist auf Skala ST der Winkelwert in dezimaler Form abzulesen.

Beispiel: $\sin 18' \approx \tan 18' \approx \text{arc}\,18' = \frac{18'}{\varrho'} = 0{,}00524$

$18' = 0{,}3^\circ$

$\sin 36'' \approx \tan 36'' \approx \text{arc}\,36'' = \frac{36''}{\varrho''} = 0{,}0001745$

$36'' = 0{,}01^\circ$

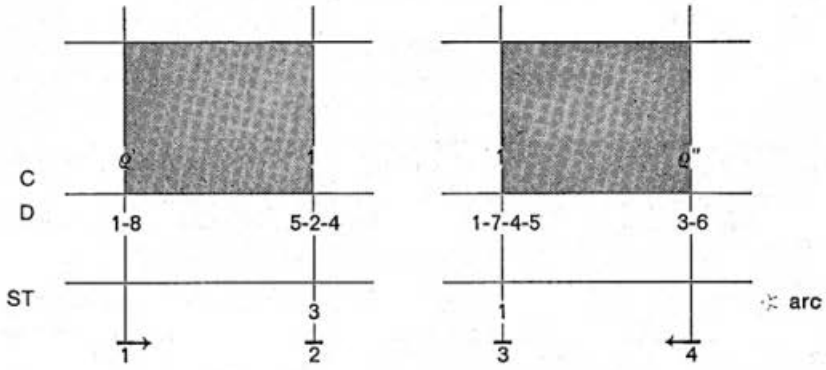


Abb. 30

Rechengang: Stellen Sie die Marke ϱ' oder ϱ'' der Skala C dem Winkelwert in Minuten oder Sekunden auf Skala D gegenüber. Unter C 1 finden Sie den Funktionswert und mit Hilfe des Läuferstriches auf Skala ST den dezimalen Winkelwert. Durch eine Überschlagsrechnung wird der Stellenwert bestimmt.

6. Die pythagoreische Skala P

$\sqrt{1-x^2}$

Diese Skala entspricht der Funktion $y = \sqrt{1 - 0{,}1\,x^2}$. Sie ist rückläufig und daher rot beziffert. Die Teilung reicht von 0,995 bis 0 in 9 Abschnitten mit unterschiedlichen Teilstrichabständen.

Die Skala P arbeitet mit der Skala D zusammen. Wegen der Symmetriebeziehung $x^2 + y^2 = 1$ ist es gleichgültig, ob x bzw. y auf D oder P eingegeben wird. Die Skala ist stellenwertrichtig. Skala D muß im Zusammenhange mit P von 0,1 bis 1 gelesen werden. In Verbindung mit den Skalen S und D dient die Skala P zur Ermittlung der Funktionswerte von Sinus und Cosinus (s. Abschn. 2). Dabei ist nach dem trigonometrischen Satz des Pythagoras:

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$

$\sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha}$ bzw. $\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha}$

Das heißt: Sinus und Cosinus eines Winkels auf Skala S stehen auf den Skalen C, D und P gegenüber. Beachten Sie dabei die Farbregel von Abschn. 2.

Ist bei einem rechtwinkligen Dreieck die Hypothenuse und eine Kathete gegeben, so kann die zweite Kathete mit Hilfe der Skala P einfach bestimmt werden.

Es ist $c^2 = a^2 + b^2$, daher $a^2 = c^2 - b^2$

$$a^2 = c^2 \left(1 - \frac{b^2}{c^2}\right)$$

$$\frac{a}{c} = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{c}\right)^2}$$

Mit $a/c = y$ und $b/c = x$ entspricht der Ausdruck der Gleichung für die pythagoreische Skala P.

Beispiel: $a = 26$ cm $\quad c = 80$ cm $\quad$ gesucht: b, $\sphericalangle\alpha$, $\sphericalangle\beta$

$b = x \cdot c = 0{,}9458 \cdot 80 = 75{,}7$ cm

$\sphericalangle\alpha = 18{,}95°$

$\sphericalangle\beta = 71{,}05°$

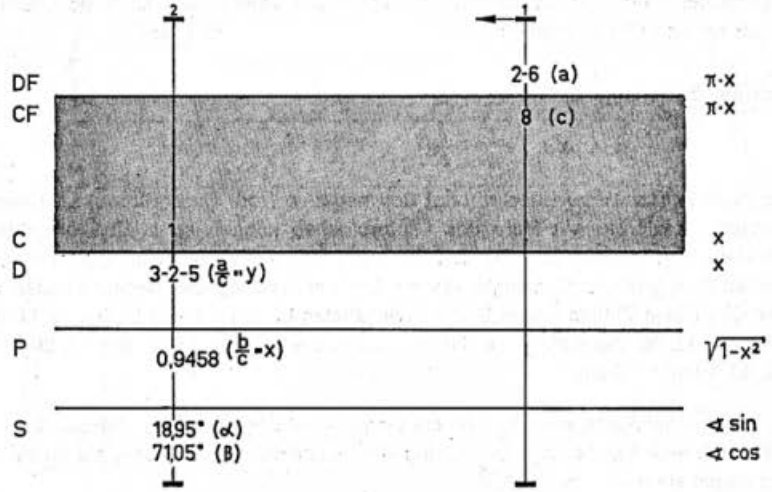


Abb. 31

Rechengang: Führen Sie die Division $\frac{a}{c}$ mit C, D oder CF, DF durch. Gehen Sie mit dem Läuferstrich über C 1. Auf Skala P finden Sie den Bruch $\frac{b}{c}$ und auf Skala S die Winkel α und β. Um b zu erhalten, muß der auf Skala P abgelesene Wert noch mit c multipliziert werden. (Diese Multiplikation ist in Abb. 31 nicht gezeigt.)

C. Exponential- und Logarithmus-Funktionen

1. Die Exponentialskalen LL

Die Vorderseite des Rechenstabes trägt die beiden Gruppen doppellogarithmischer Skalen LL 0, LL 1, LL 2, LL 3 mit schwarzer Beschriftung für den Bereich der Numeri von 1,001 bis 10^5 und LL 00, LL 01, LL 02, LL 03 mit roter Beschriftung für den Bereich der Numeri von 0,999 bis 10^{-5}. Wegen der zweifachen Logarithmierung – auf die auch die Skalenbezeichnungen LL hinweisen – sind diese Skalen stellenwertrichtig; d. h. die Zahl 5 bedeutet nur 5 und nicht auch dekadische Vielfache oder Teile davon, also nicht auch 50, 500, 0,5 oder 0,05.

Die LL-Skalen dienen zur Berechnung

beliebiger Potenzen der Form $y = a^x$

beliebiger Wurzeln der Form $a = \sqrt[x]{y}$

und beliebiger Logarithmen der Form $x = {}^a\log y$.

Sie arbeiten vorwiegend mit den Grundskalen C, D zusammen. Ein auf C, D eingestellter Wert x ergibt auf den LL-Skalen den Wert e^x, e^{-x}, entsprechend den auf der rechten Skalenseite aufgeführten mathematischen Zeichen.

Nach der Beziehung

$$e^x = \frac{1}{e^{-x}} \quad \text{bzw.} \quad e^{-x} = \frac{1}{e^x}$$

sind positive (schwarze Beschriftung) und negative (rote Beschriftung) LL-Skalen zueinander reziprok. Mit Hilfe des Läuferstriches können so stellenwertrichtige Kehrwerte gebildet werden. Für Zahlen von 1,001 bis 3 bzw. von 0,999 bis 0,35 ergeben sich größere Genauigkeiten als bei Verwendung der Reziprokskalen CI oder CIF. Diese Zahlen finden Sie auf den Skalen LL 2, LL 1 und LL 0 bzw. LL 02, LL 01 und LL 00, die Kehrwerte dazu lassen Sie auf LL 02, LL 01 und LL 00 bzw. LL 2, LL 1 und LL 0 ab.

Die Exponentialskalen sind ca. 100 cm lange, kontinuierliche Funktionsskalen. Sie sind durch eine zweite Logarithmierung der Grundskala entstanden, als Beschriftung tragen sie die Numeri selbst.

Die Zuordnung der Skalenabschnitte ist so erfolgt, daß beim Übergang von einer äußeren zu einer inneren LL-Skala die 10. Potenz und im umgekehrten Falle die 10. Wurzel berechnet wird. Dementsprechend ergibt sich beim Übergang von den äußersten Skalen (LL 00, LL 0) zu den innersten Skalen (LL 03, LL 3) die 1000. Potenz und umgekehrt die 1000. Wurzel. In Abb. 32 sind zwei Beispiele jeweils allgemein und numerisch gegeben.

$a = 5$ $\qquad\qquad$ $b = 0{,}4$

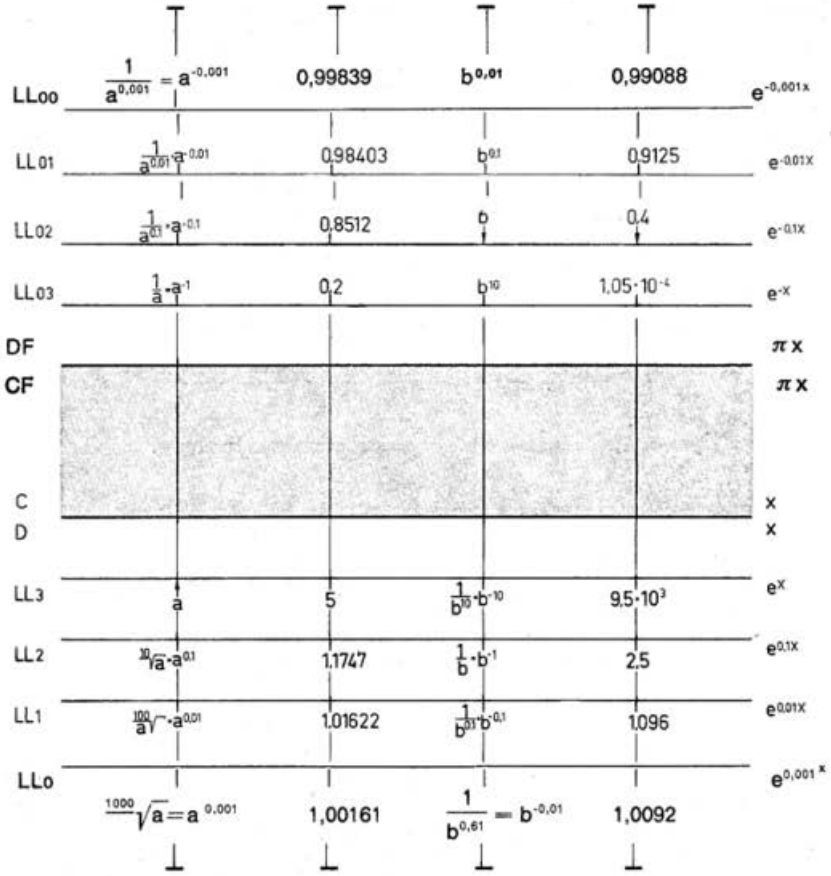


Abb. 32

Rechnungen mit dekadischen Potenzen und Wurzeln sind äußerst selten; hier demonstrieren sie den Zusammenhang der Exponentialskalen, d. h. der drei Teilabschnitte der doppellogarithmischen Funktionsskalen.

2. **Potenzen der Form** $y = a^x$

Die Berechnung von Potenzen mit beliebiger Basis und beliebigen Exponenten können Sie genauso einfach durchführen wie eine Multiplikation. Den Verlauf der Operation zeigen die grünen Pfeile in Abb. 33.

Beispiel:

3^{4}	$= 81$	3^{-4}	$= 0{,}0123$
$3^{0{,}4}$	$= 1{,}552$	$3^{-0{,}4}$	$= 0{,}6445$
$3^{0{,}04}$	$= 1{,}0449$	$3^{-0{,}04}$	$= 0{,}957$

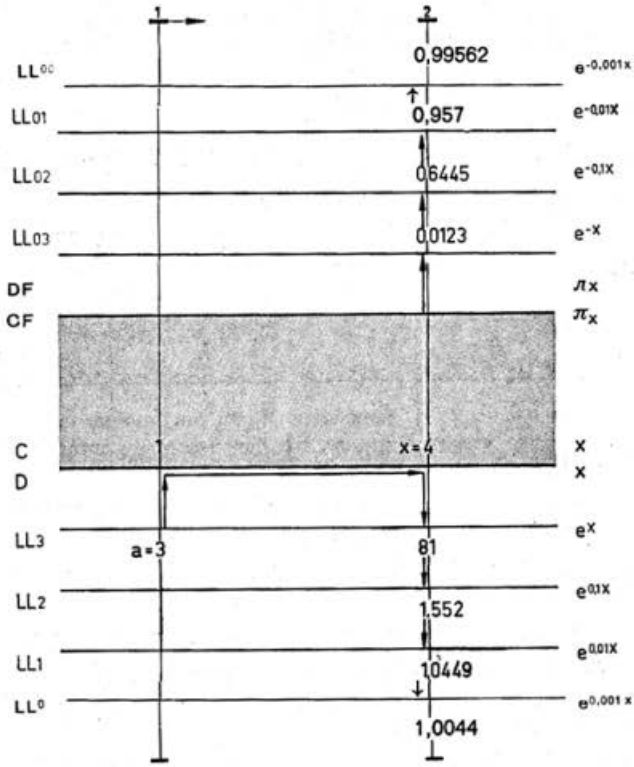


Abb. 33

Rechengang: Stellen Sie mit Hilfe des Läuferstriches C-1-links über die Basis $a = 3$ auf LL 3 (Pos. 1), verschieben Sie den Läufer über den Exponenten $x = 4$ (Pos. 2). Lesen Sie die Potenz $y = 81$ auf LL 3 und die dezimalen Varianten auf der entsprechenden LL-Skala ab.

Liegt die Basis a im Bereich $10^{-5} < a < 0{,}999$, so finden Sie die Potenzen y mit positiven Exponenten x in der Skalengruppe LL 00 bis LL 03 und die Potenzen y mit negativen Exponenten in der Skalengruppe LL 3 bis LL 0.

Beispiel:

$0{,}9^{0{,}4}$	$= 0{,}9587$	$0{,}9^{4}$	$= 0{,}656$	$0{,}9^{40}$	$= 0{,}0148$
$0{,}9^{-0{,}4}$	$= 1{,}043$	$0{,}9^{-4}$	$= 1{,}524$	$0{,}9^{-40}$	$= 67{,}5$

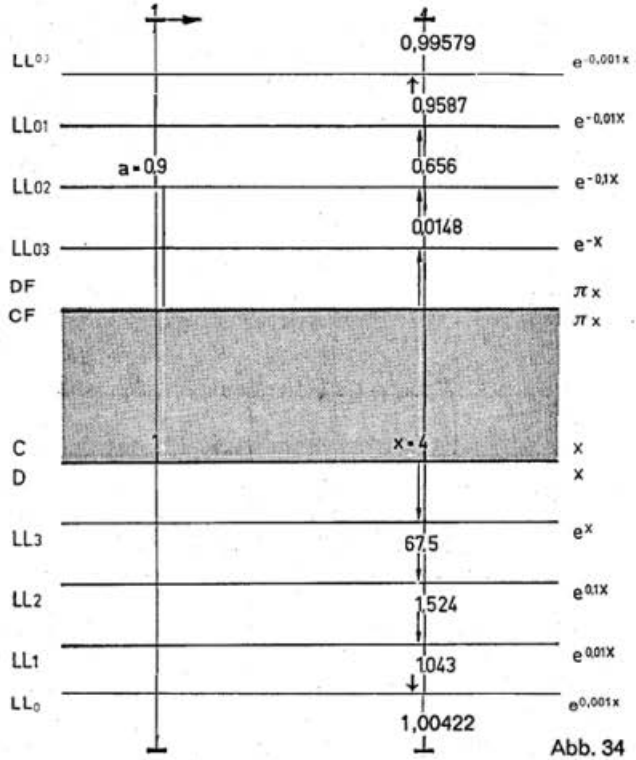


Abb. 34

Am Rechengang hat sich gegenüber dem vorangegangenen Beispiel nichts geändert. Aus den beiden Beispielen war zu ersehen: Für Potenzen mit positiven Exponenten liegt die Einstellung der Basis und Ablesung der Potenz in der gleichen Skalengruppe, für Potenzen mit negativen Exponenten wird in der einen Skalengruppe die Basis eingestellt und in der anderen Skalengruppe die Potenz abgelesen.

Merkregel: **Positiver Exponent – gleiche Skalengruppe und gleiche Farbe**
Negativer Exponent – Skalengruppe und Farbe wechseln

Muß die Basis a mit C-1-rechts eingestellt werden – wobei die Zunge links herausragt – so muß die Potenz auf der nächst höheren Skala abgelesen werden; z. B.: Sie haben die Basis a auf LL 2 – $e^{0,1x}$ mit C-1-rechts eingestellt und der Exponent liegt zwischen 1 und 10, dann müssen Sie die Potenz auf LL 3 – e^x ablesen (s. auch Abb. 35).

Der Rechenstab bildet eine Potenz-Tabelle für die jeweilige Basis. Für die einmal eingestellte Basis können Sie nicht nur einen Potenzwert, sondern ein ganzes kontinuierliches Spektrum von Potenzen, allein durch Verschieben des Läufers, ablesen. Die Berechnung von Exponentialfunktionen der Form $y = a^{f(x)}$ wird dadurch, sofern die Genauigkeit ausreichend ist, sehr einfach möglich.

Beispiel: Es soll eine Reihe Potenzen mit der Basis $a = 2$ und dem Exponenten $x = 0{,}1 \ldots 10$ berechnet werden.

$2^1 = 2$; $2^2 = 4$; $2^3 = 8$; $2^4 = 16 \ldots$

$2^{0{,}1} = 1{,}0718$; $2^{0{,}2} = 1{,}1488$; $2^{0{,}3} = 1{,}231$; $2^{0{,}4} = 1{,}3195 \ldots$

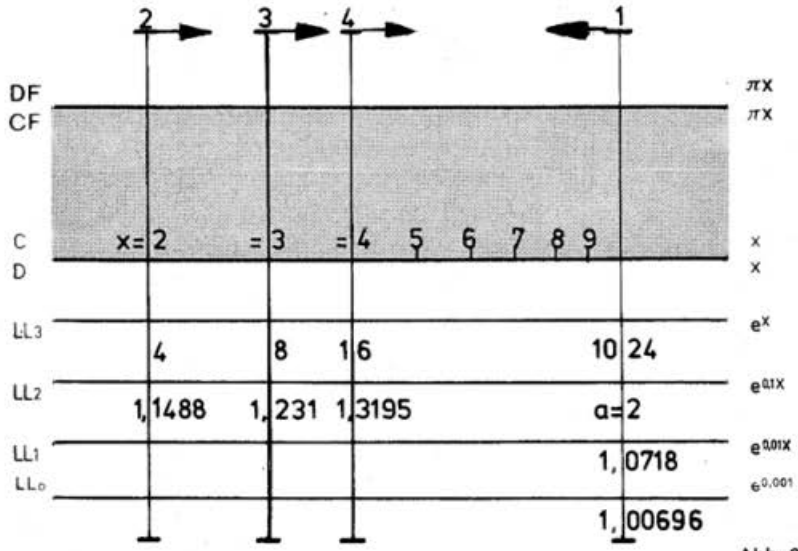


Abb. 35

Die Einstellung der Basis mit C-1-rechts müssen Sie bei der Ablesung berücksichtigen, indem Sie in der nächsthöheren Skala ablesen (z. B. statt $e^{0{,}1^x}$ auf e^x usw.).

2.1 Potenzen von *e*

Bei dem Spezialfall der Potenz mit der Basis $a = e = 2{,}71828$ (der Basis des natürlichen Logarithmus) müßte C-1 über *e* gestellt werden. Sie können sich aber vorteilhafter der Skala D bedienen, die in fester Beziehung zu *e* steht. Potenzen von *e* berechnen Sie daher nur durch Verschieben des Läufers; um Ablesefehler zu vermeiden, soll die Zunge in Grundstellung stehen.

Die Funktion der Form $y = ef(x)$ wird als natürliche Exponentialfunktion bezeichnet; sie ist von besonderer Bedeutung für Naturwissenschaft und Technik. Die mathematische Skalenbezeichnung auf der rechten Seite gilt stellenwertrichtig für *e*.

Ist die Veränderliche x ein zusammengesetzter Ausdruck und soll eine größere Anzahl Funktionswerte berechnet werden, erhöht es die Übersichtlichkeit, wenn alle Werte in Form einer Tabelle zusammengestellt, die Veränderliche x bestimmt und dann mit dem Rechenstab die Funktionswerte berechnet werden.

2.2 Spezialfälle der Potenz $y = a^x$

Durch den begrenzten Bereich der stellenwertrichtigen Exponentialskalen unterliegen die möglichen Werte von Potenz, Basis und Exponent einer Begrenzung. In Abb. 36 sind die beiden Bereiche der LL-Skalen mit der Lücke und der rechten und linken Begrenzung dargestellt. Für die schraffierten Bereiche sind die Näherungslösungen angegeben.

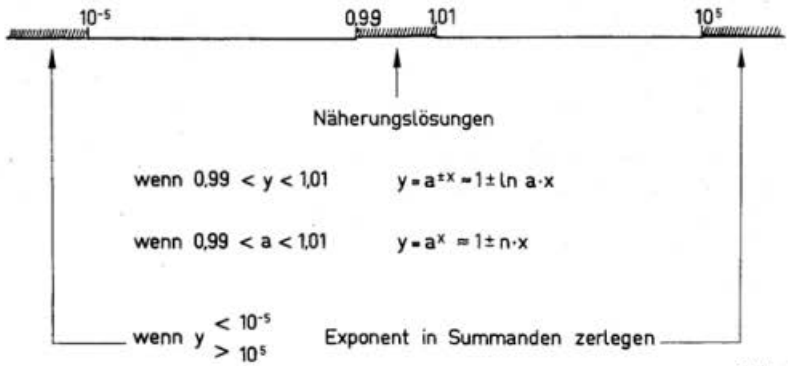


Abb. 36

Liegt das Ergebnis einer Potenz infolge eines sehr kleinen Exponenten innerhalb der Lücke der LL-Skalen, so ist die aus der Reihenentwicklung

$$y = a^{\pm x} = 1 \pm \frac{x}{1!} \ln a \pm \frac{x^2}{2!} \ln^2 a \pm \frac{x^3}{3!} \ln^3 a \pm \ldots$$

abgeleitete Näherungslösung

$$y = a^{\pm x} \cong 1 \pm x \cdot \ln a$$

möglich.

Beispiel: $3^{0{,}004} \cong 1 + 1{,}1 \cdot 0{,}004 = 1{,}0044$

$3^{-0{,}004} \cong 1 - 1{,}1 \cdot 0{,}004 = 1 - 0{,}0044 = 0{,}9956$

Rechengang: Stellen Sie C−1 über Basis $a = 3$, so steht C−1 gleichzeitig über ln a auf D. Verschieben Sie den Läufer über den Exponenten $x = 4$ auf Skala C. Der Wert auf Skala D ln $a \cdot x = 4{\cdot}4$ vorzeichenrichtig zu 1 addiert, gibt die Potenz y.

Liegt die Basis a innerhalb der Lücke der LL-Skalen, kann aus der vorherigen Reihenentwicklung die Näherungslösung

$$a^x = (1 \pm n)^x \cong 1 + n \cdot x$$

abgeleitet werden, wobei n für die Ziffernfolge rechts vom Komma steht.

Beispiel: $1{,}0038^{2{,}5} \cong 1 + 0{,}0038 \cdot 2{,}5 = 1{,}0095$

$1{,}0038^{-2{,}5} \cong 1 - 0{,}0038 \cdot 2{,}5 = 0{,}9905$

$1{,}0038^{25} = 1{,}0096$

$1{,}0038^{-25} = 0{,}9094$

Rechengang: Stellen Sie C−1 über $n = 3{-}8$ auf Skala D, lesen Sie unter $x = 2 - 5$ den Summanden $n \cdot x$ ab und addieren Sie ihn vorzeichenrichtig zu 1.

Wird der Exponent, wie im 3. und 4. Beispiel, größer, so kann der Wert der Potenz direkt auf der entsprechenden LL-Skala abgelesen werden.

Als dritte Möglichkeit, in Abb. 36 dargestellt, kann der Wert einer Potenz den Bereich der LL-Skalen nach kleineren und größeren Werten überschreiten. Dann empfiehlt es sich, den Exponent in Summanden und damit die Potenz in Faktoren zu zerlegen. Allerdings ist die damit zu erzielende Genauigkeit nicht sehr groß. Bei hohen Anforderungen ist die Berechnung solch großer Zahlenwerte mit Hilfe der Logarithmen vorzunehmen.

3. **Wurzeln der Form**

$$a = \sqrt[x]{y}$$

Die Radizierung ist die 1. Umkehrung der Potenzierung. Da mit den Exponentialskalen auf die gleiche Art potenziert wurde wie mit den Grundskalen multipliziert, entspricht die Radizierung dem Dividieren mit den Grundskalen.
Sie haben somit den umgekehrten Weg wie beim Potenzieren zu gehen.

Beispiel:

$\sqrt[0,6]{64} = 1050$

$\sqrt[6]{64} = 2$

$\sqrt[60]{64} = 1.0718$

$\frac{1}{\sqrt[6]{64}} = 0.5$

$\frac{1}{\sqrt[0,6]{64}} = 9.75 \times 10^{-4}$

$\frac{1}{\sqrt[60]{64}} = 0.933$

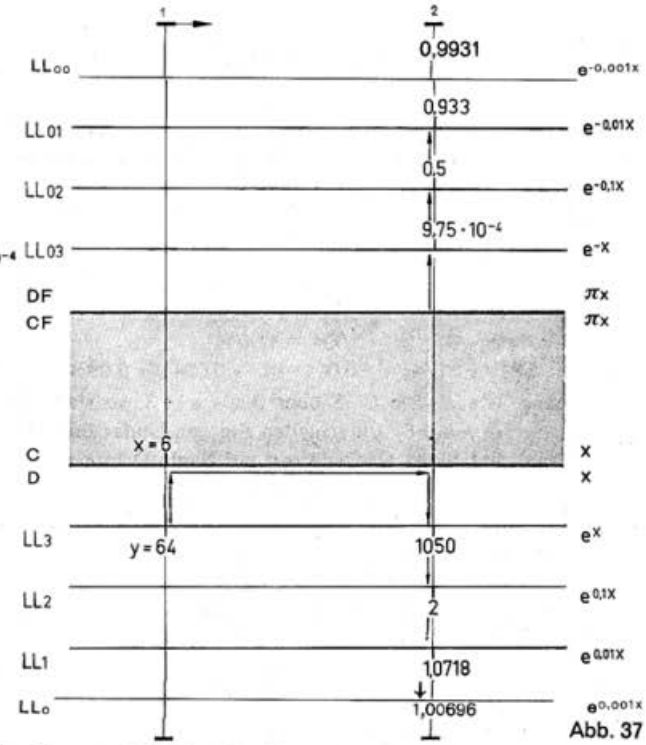


Abb. 37

Rechengang: Stellen Sie mit Hilfe des Läuferstriches den Wurzelexponenten x auf Skala C über den Radikanden y auf der LL-Skala. Lesen Sie die Wurzel unter C−1 auf der entsprechenden LL-Skala ab.

Wenn, wie im Beispiel, unter C – 1 – rechts abgelesen werden muß, so ist der Wurzelwert auf der nächstniedrigeren LL-Skala zu finden.
Da ein Wurzelausdruck auch in eine Potenz verwandelt werden kann, bietet sich ein zweiter Lösungsweg an. Es ist

$$a = \sqrt[x]{y} = y^{\frac{1}{x}} \qquad \sqrt[6]{64} = 64^{\frac{1}{6}} = 2$$

Der Exponent kann als Kehrwert über die CI-Skala eingegeben werden; der Rechenstab ist dabei zu wenden. Auch kann der Bruch dividiert werden. Die weitere Berechnung erfolgt wie unter „Potenzen" beschrieben. Bei Wurzeln aus Potenzen werden erst die Exponenten dividiert und anschließend wird ebenfalls als Potenzaufgabe weitergerechnet.

$$a = \sqrt[x]{y^m} = y^{\frac{m}{x}} \qquad \sqrt[6]{16^3} = 16^{\frac{3}{6}} = 16^{0,5} = 4$$

4. Logarithmen der Form $x = {}^a\log y$

Die Logarithmierung ist die zweite Umkehrung der Potenzierung. Mit den Exponentialskalen können daher beliebige Logarithmen berechnet werden. Aus der Beziehung

$$y = a^x \text{ und } x = {}^a\log y$$

ist zu ersehen, daß es sich darum handelt, den Logarithmus x zu bestimmen, der mit dem Exponenten x identisch ist.

Beispiel: $^3\log 81 = 4{,}0$

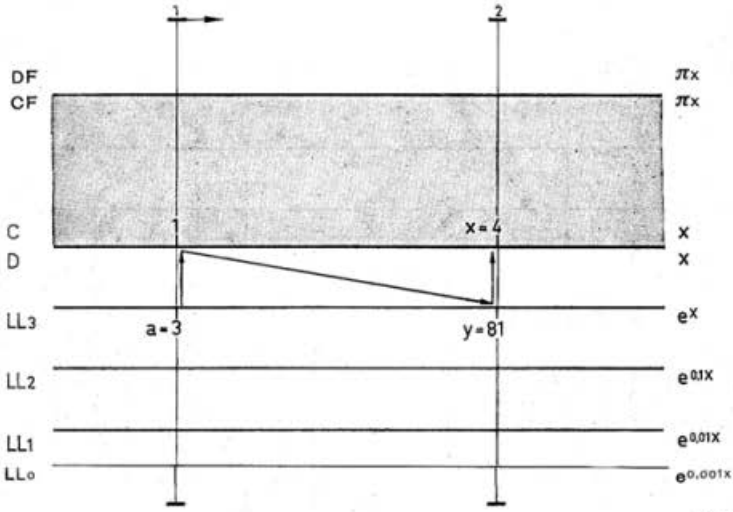


Abb. 38

Rechengang: Suchen Sie die Basis $a = 3$ mit dem Läuferstrich auf einer LL-Skala auf und stellen Sie Skala C – 1 unter den Läuferstrich (Pos 1). Verschieben Sie den Läuferstrich über den Numerus $y = 81$ (Pos. 2). Lesen Sie den Logarithmus x unter dem Läuferstrich auf Skala C ab.

Die Kommastellung beim Logarithmus erklärt sich aus dem Zusammenhang: $^a\log a = 1$, d. h. für Numeri $y >$ Basis a ist der Logarithmus $x > 1$, für Numeri $y <$ Basis a ist der Logarithmus $x < 1$.

Merkregel: $y > a - \log > 1$ $\qquad$ $y < a - \log < 1$

Bei der Ablesung ist zu beachten:

Gehen Sie bei der Einstellung des Numerus von einer LL-Skala zur nächstniederen in der Folge LL 3 → LL 2 → LL 1 → LL 0 bzw. LL 03 → LL 02 → LL 01 → LL 00, so rückt das Komma beim Logarithmus jeweils um eine Stelle nach links.

Stellen Sie Basis und Numerus in der gleichen Skalengruppe ein (gleiche Farbe der Beschriftung), so ist der Logarithmus positiv. Stellen Sie die Basis in der einen und den Numerus in der anderen Skalengruppe ein (ungleiche Farben), so ist der Logarithmus negativ.

4.1 Dekadische Logarithmen

Vorwiegend sind dekadische oder Briggsche Logarithmen zu ermitteln, die auf der Zahl 10 basieren. Dazu bietet der Rechenstab **zwei** Möglichkeiten.

Die LL-Skalen in Verbindung mit Skala C geben den kompletten Logarithmus, also Kennziffer mit Mantisse. Dabei nimmt allerdings die Genauigkeit mit wachsendem ($> 2{,}5$) und fallendem ($< 0{,}4$) Numerus ab. Vorteilhaft ist diese Methode demnach für Numeri auf den Skalen LL 2, LL 1, LL 0, LL 02, LL 01, LL 00.

Beispiel: lg 100 = 2 $\qquad$ lg 1,0471 = 0,02 $\qquad$ lg 0,631 = − 0,2

lg 1,585 = 0,2 $\qquad$ lg 0,01 = 10^{-2} = − 2 $\qquad$ lg 0,955 = − 0,02

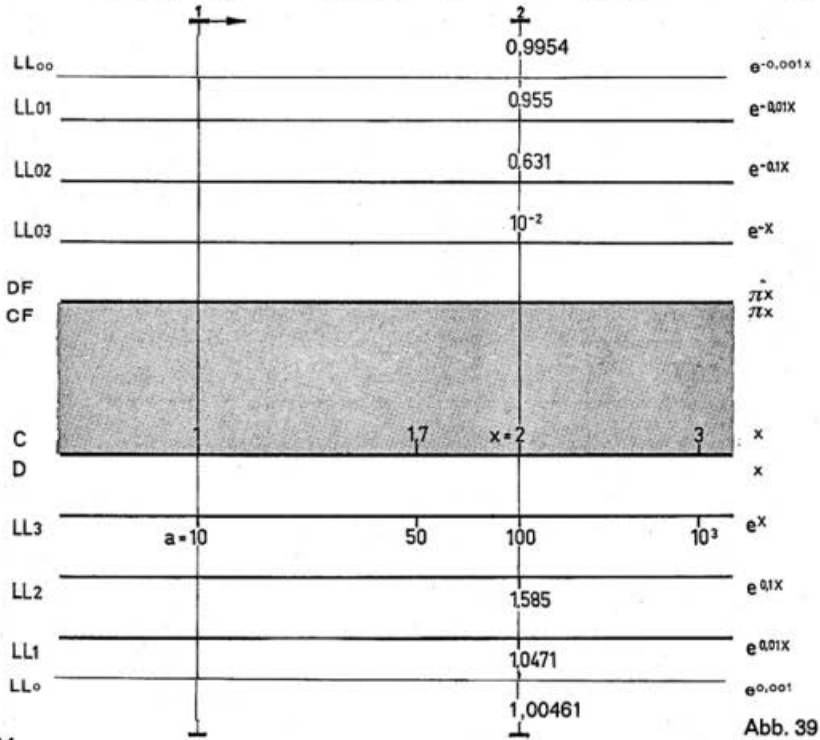


Abb. 39

Rechengang: Für dekadische Logarithmen stellen Sie mit C — 1 die Basis 10 auf LL 3 ein (Pos 1). Mit dem Läuferstrich suchen Sie auf der entsprechenden LL-Skala den Numerus auf. Unter Beachtung der Komma- und Vorzeichen-Regeln lesen Sie auf Skala C den kompletten Logarithmus, mit Kennziffer und Mantisse, ab.

Die zweite Möglichkeit bietet die Skala L in Verbindung mit Skala C. Die rechts mit lg x bezeichnete Skala L gibt für die auf C eingestellte Ziffernfolge des Numerus die Mantisse. Die Kennziffer für den Numerus ist nach bekannten Regeln zu ermitteln und zur Mantisse hinzuzufügen. Für Numeri $> 2{,}5$ und $< 0{,}4$ ist wegen der größeren Genauigkeit dieser Methode der Vorrang zu geben.

Die Mantissenskala L in Verbindung mit den Wurzelskalen R_1 und R_2 bietet die zweite Möglichkeit zur Berechnung dekadischer Logarithmen.

Für Numeri $n > 2{,}5$ und $n < 0{,}4$ ist wegen der größeren Genauigkeit dieser Methode der Vorzug zu geben.

Skala L gibt für die auf R_1 oder R_2 eingestellte Ziffernfolge des Numerus die Mantisse. Die Kennziffer für den Stellenwert des Numerus müssen Sie nach bekannten Regeln ermitteln und zur Mantisse hinzufügen.

Die Tabelle zeigt Kennziffer und Numerus von 10^{-2} bis 10^{2}.

Kennziffer		Numerus	
— 2	0,01 bis < 0,1	$\wedge$	10^{-2} bis < 10^{-1}
— 1	0,1 bis < 1		10^{-1} bis < 10^{0}
0	1 bis 10		10^{0} bis < 10^{1}
1	10 bis 100		10^{1} bis < 10^{2}
usw.			

Skala L ist linear geteilt und doppelt bezeichnet. Wird der Numerus auf R_1 eingestellt, so gilt für die Mantisse die linke Zahl. Wird der Numerus auf R_2 eingestellt, so gilt für die Mantisse die rechte Zahl.

R_1	1 . . . 3,2	Mantisse	.0 bis .5
R_2	3 . . . 10	Mantisse	.5 bis 1.

Für den Bereich des Numerus 1 bis 10 sind die Skalen R und L stellenwertrichtig.

Beispiele: $1\,g\ 2 = 0{,}301$ $\quad 1\,g\ 0{,}2 = 0{,}301 - 1 = -0{,}699$
$1\,g\ 40 = 1{,}602$ $\quad 1\,g\ 0{,}04 = 0{,}602 - 2 = -1{,}398$

Rechengang: Stellen Sie den Numerus auf Skala R_1 oder R_2 mit dem Läuferstrich ein und lesen Sie auf Skala L die Mantisse nach der oben genannten Regel ab.

4.2 Natürliche Logarithmen

Besonders in den Naturwissenschaften haben die natürlichen Logarithmen große Bedeutung. Sie basieren auf der Zahl $e = 2{,}71828\ldots$

Da D–1 in fester Beziehung zur Basis e steht, kann zu jedem auf den LL-Skalen eingestellten Numerus auf Skala D der Logarithmus abgelesen werden. Nach den Regeln für Kommastellung und Vorzeichen erstreckt sich der Bereich der Logarithmen

von 1 bis 10 für Skala LL 3
von 0,1 bis 1 für Skala LL 2
von 0,01 bis 0,1 für Skala LL 1
von 0,001 bis 0,01 für Skala LL 0
von — 1 bis — 10 für Skala LL 03
von — 0,1 bis — 1 für Skala LL 02
von — 0,01 bis — 0,1 für Skala LL 01.
von — 0,001 bis — 0,01 für Skala LL 00.

Beispiel: ln 30 = 3,4 ln 0,04 = — 3,22
ln 1,665 = 0,51 ln 0,817 = — 0,202
ln 1,092 = 0,088 ln 0,9864 = — 0,0137

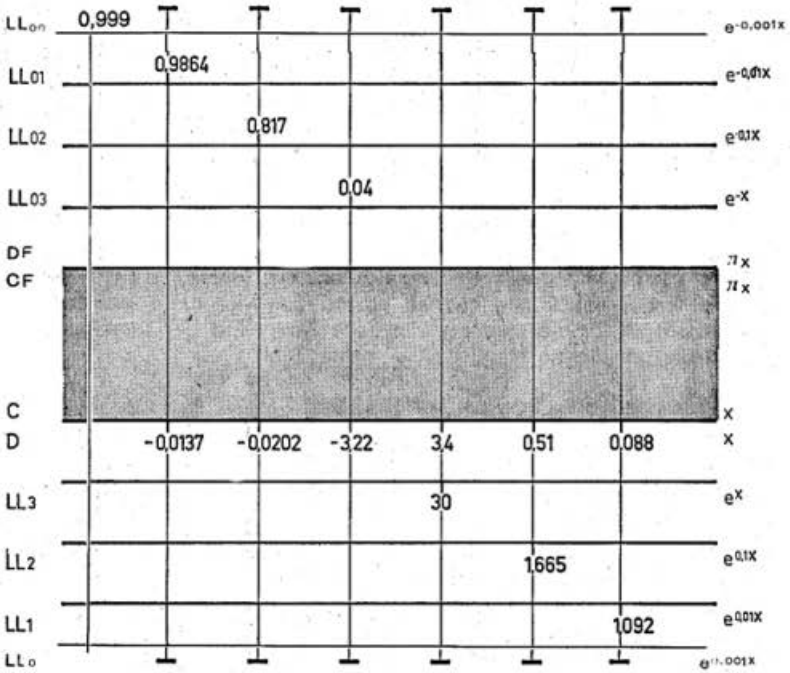


Abb. 40

Die Genauigkeit ist für Numeri am Anfang der Skalen LL 0 und LL 00 am größten und nimmt zum Ende der Skalen LL 3 und LL 03 stark ab. Um Irrtümern bei der Ablesung vorzubeugen, ist es zweckmäßig, die Zunge in Grundstellung zu bringen.

5. Zusammengesetzte Funktionen

Jede Skala des Rechenstabes projiziert einen bestimmten Funktionswert von x auf die Grundskalen, der auf den Exponentialskalen als $e^{\pm x}$ erscheint. Bei Beachtung des Stellenwertes können Sie so von einer beliebigen Skala unter Umgehung der Grundskalen direkt auf die Exponentialskalen übergehen. Es ergeben sich die in der Tabelle zusammengestellten Möglichkeiten:

Ausgangs-Skala für x	A, B x^2	K x^3	L $\lg x$	CI $\frac{1}{x}$	CF,DF $\pi \cdot x$	S $\sphericalangle \sin$	ST $\sphericalangle \arctan$	T $\sphericalangle \tan$	P $\sqrt{1-x^2}$
x auf Grundskala	$\sqrt{x}$	$\sqrt[3]{x}$	10^x	$\frac{1}{x}$	$\frac{x}{\pi}$	$\sin x$	$\arctan x$	$\tan x$	$\sqrt{1-x^2}$
x auf Exponential-Skala	$e^{\pm\sqrt{x}}$	$e^{\pm\sqrt[3]{x}}$	e^{10^x}	$e^{\pm\frac{1}{x}}$	$e^{\pm\frac{x}{\pi}}$	$e^{\pm\sin x}$	$e^{\pm\arctan x}$	$e^{\pm\tan x}$	$e^{\pm\sqrt{1-x^2}}$

Stellen Sie mit C – 1 eine beliebige Basis a ein, so gelten die ersten 5 Spalten der Tabelle nicht nur für die Basis e, sondern für beliebige Basen. Den Ausgangswert x müssen Sie dann jeweils auf den Zungenskalen einstellen und über die Grundskala C auf die Exponentialskalen übergehen.

Beispiel: $4\ \sqrt[3]{6} = 7{,}28$ $\qquad 10^{\frac{1}{6}} = 1{,}1485$

6. Hyperbolische Funktionen

Die Hyperbelfunktionen sind definiert durch:

$$\sin h\, x = \frac{e^x - e^{-x}}{2} \qquad \cos h\, x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$\tan h\, x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \qquad \cot h\, x = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$$

Da mit einer Läufereinstellung zu jedem Wert x auf Skala D die Potenzen e^x und e^{-x} auf den Exponentialskalen abzulesen sind, ist die Bildung hyperbolischer Funktionswerte einfach und schnell möglich.

Für $x = 0{,}001 \ldots 0{,}01$	gilt Skala LL 0 und LL 00
$x = 0{,}01 \ldots 0{,}1$	LL 1 und LL 01
$x = 0{,}1 \ldots 1$	LL 2 und LL 02
$x = 1 \ldots 10$	LL 3 und LL 03

Die Genauigkeit der Funktionswerte ist für $x = 0{,}001$ am größten; gegen $x = 10$ fällt die Genauigkeit, infolge der zum Ende stark gedrängten LL 3- und LL 03-Skalen, steil ab.

D. Verschiedenes

1. Der Läufer

Beide Seiten des Läufers tragen die über die ganze Breite gehenden Hauptstriche, die so zueinander justiert sind, daß beim Wenden des Rechenstabes von einer Seite zur andern übergegangen werden kann.

1. 1. Die Seite des Läufers, die den π-versetzten Skalen zugeordnet ist, (Abb. 41 a) weist rechts oben neben dem Hauptstrich eine rote **Strichmarke für den Faktor 3–6** auf. Ein Wert, auf den Grundskalen C, D mit dem Mittelstrich eingestellt, erscheint unter der Strichmarke auf den versetzten Skalen CF, DF mit dem konstanten Faktor 3–6 multipliziert. Umgekehrt wird durch den Übergang von der Strichmarke zu CD unter dem Mittelstrich durch 3–6 dividiert. Damit sind Umrechnungen, z. B.

1° = 3600″
1 Stunde = 3600 Sekunden
1 m/s = 3,6 km/h
1 Jahr = 360 Tage

sehr einfach durchzuführen.

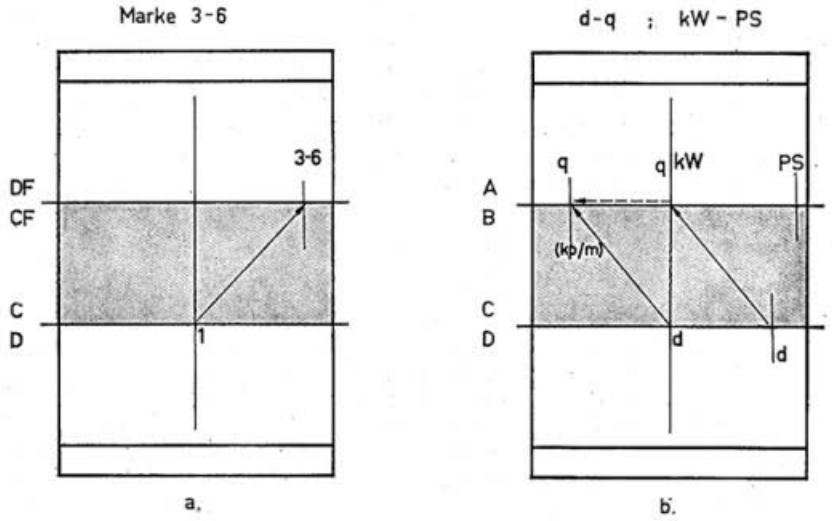


Abb. 41

1. 2. Auf der Seite des Läufers, die den LL-Skalen zugeordnet ist (Abb. 41 b), trägt der Mittelstrich die Bezeichnung kW und die rote Strichmarke rechts oben die Bezeichnung PS. Damit können Sie die **Umrechnung von KW in PS** und von PS in KW durchführen. Es gilt die Beziehung

0,736 kW = 1 PS.

Umrechnungen im anglo-amerik. Maßsystem von KW in HP (horse-power) werden mit dem Läufer durchgeführt. Nach der Beziehung 0,745 KW = 1 HP ist an Stelle der PS-Marke eine HP-Marke.

1. 3. Die roten Strichmarken links oben und rechts unten dienen nach Abb. 41 a – entsprechend der Formel $q = d^2 \cdot \frac{4}{\pi}$ – zur Berechnung der Kreisfläche q bei gegebenem Durchmesser d. Dabei stellen Sie den Durchmesser d auf Skala D mit der rechten Strichmarke (bzw. mit dem Mittelstrich) ein und lesen die Kreisfläche q oder den Querschnitt q unter dem Mittelstrich (bzw. unter der linken Strichmarke) auf Skala A ab.

Die linke Strichmarke ist gegen den Mittelstrich um $\frac{\pi}{4} = 0{,}785$ versetzt. Die Ziffernfolge von $\frac{\pi}{4}$ ist gleich dem spezifischen Gewicht 7,85 von Flußstahl. Damit können Sie anschließend an die Querschnittsberechnung an der linken Marke das Gewicht pro Meter (kg/m) ablesen. Stellen Sie B-1 unter die Marke, so wird mit einer folgenden Multiplikation das Gewicht für eine beliebige Länge berechnet.

Beispiel: $d = 6$ mm, Strichmarke d über D-6
$q = 28{,}3$ mm², ablesen auf A unter Mittelstrich
Gewicht = 0,222 kp/m, ablesen auf A unter linker Strichmarke

Gewicht
für 3,6 m = 0,8 kp, B-1 unter linker Strichmarke,
ablesen auf A über B-3-6

2. Behandlung und Reinigung der Rechenstäbe

Rechenstäbe sind Präzisionsgeräte, die **nicht Temperaturen über 70° C ausgesetzt werden sollen.** Dadurch kann sich der bei normalen Temperaturen absolut maßbeständige Kunststoff so verformen, daß der Rechenstab unbrauchbar werden kann.

Gelegentlich werden Sie Ihren Rechenstab reinigen wollen. **Verwenden Sie dazu keinerlei ätzende Chemikalien oder starke Lösungsmittel.** Dadurch kann die Skalenteilung zerstört werden. Zweckmäßig reinigen Sie mit etwas handwarmem Wasser, in dem eine **geringe** Menge eines der üblichen Haushalts-Reinigungsmittel aufgelöst ist. Danach polieren Sie den Rechenstab mit einem weichen Woll- oder Leinenlappen trocken. Um die Zunge wieder gut gleitend zu machen, empfiehlt es sich, eine hauchdünne Schicht Vaseline auf die Gleitfläche der Zunge aufzutragen.

Die Unterseite des Läuferglases reinigen Sie mit einem Streifen Löschpapier, den Sie zwischen Rechenstab und Läufer schieben. **Der Läufer sollte nur abgenommen werden, wenn es nach längerem Gebrauch zu einer Reinigung unbedingt erforderlich ist.** Drehen Sie dazu die Schraube an der unteren Seitenkante heraus und ziehen Sie den Läufer vorsichtig ab. Achten Sie beim Wiederaufsetzen auf die richtige Lage der Läuferstriche. Sie ist auf den Abb. 1 und 2 nachzusehen.

Sollte Ihr Rechenstab durch einen Sturz dejustiert worden sein, so lockern Sie die Befestigungsschrauben der unteren Körperwange. (Schrauben bei der Skala D auf der Winkelfunktionsseite.) Justieren Sie die Körperwangen, mit Hilfe des Läuferstriches, zueinander und ziehen Sie die Schrauben wieder fest an. Dabei sollen die Körperwangen nur so weit zusammengedrückt werden, daß die Zunge leicht verschiebbar bleibt. Auch wenn die Zunge nach jahrelangem starkem Gebrauch infolge natürlicher Abnützung zu leichtgängig wird, können Sie die Körperteile wieder neu justieren.

Demontieren Sie die Verbindungsstege nicht vollständig.

3. Logarithmenmaßstab mit Normzahlentabellen und Darstellung der trigonometrischen Funktionen

Der jedem Rechenstab beiliegende Kunststoff-Streifen dient als einfacher Maßstab, als Logarithmenmaßstab und Normzahlentabelle.

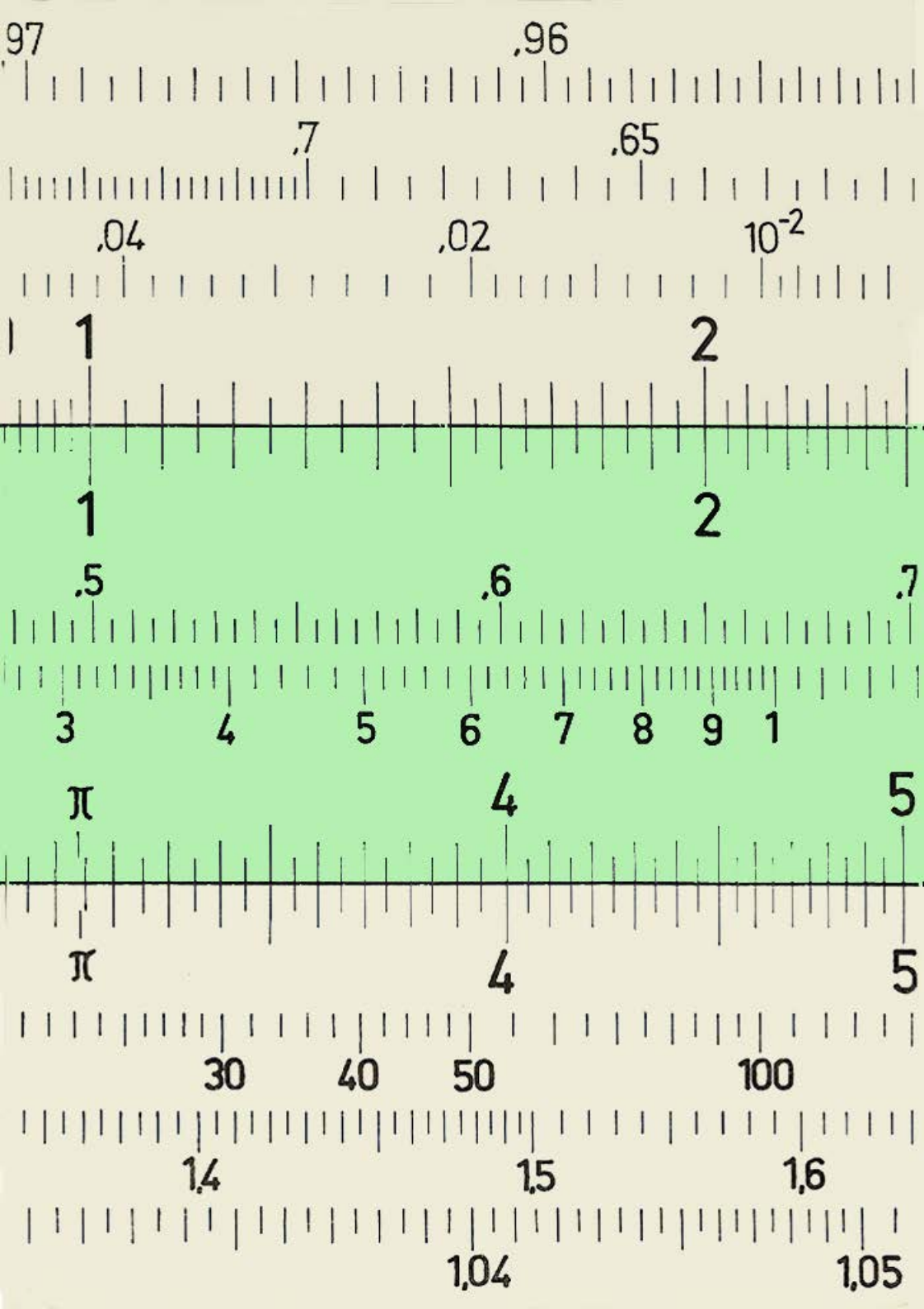
Außer cm- und Inch-Skala ist er mit Logarithmenmaßstäben in den Einheiten 25 mm, 50 mm, 62,5 mm, 100 mm und 200 mm versehen.

Ferner trägt er die Normzahlen der DIN-Reihen R 5, R 10, R 20, R 40 und eine Tabelle der genormten Bezeichnungen für Vielfache und Teile von Einheiten.

Außerdem sind die Normzahlen der internationalen Reihen E 6, E 12, E 24 nach ISO (International Organization for Standardization) und eine Tabelle für die DECIMAL EQUIVALENTS vorhanden.

Die Darstellung der sin-cos- und tan-cot-Funktionen veranschaulicht deren Verlauf in den positiven und negativen Bereichen.

Nachdruck auch auszugsweise verboten
Printed in Germany


97
,96
,7
,65
,04
,02
10^{-2}
1
2
1
2
,5
,6
,7
3
4
5
6
7
8
9
1
π
4
5
π
4
5
30
40
50
100
1,4
1,5
1,6
1,04
1,05