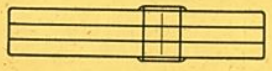
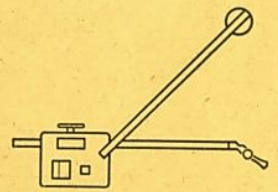
34.50
32
2.50

14
8.6

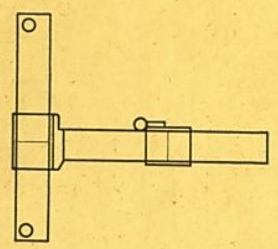
ARISTO



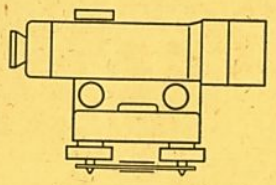
RECHENSTÄBE
RECHENSCHEIBEN
MASSTÄBE



PLANIMETER
INTEGRATOREN
PANTOGRAPHEN



KOORDINATOGRAPHEN
FÜR INDUSTRIE UND
VERMESSUNGSWESEN



NIVELLIERE
THEODOLITE
NIVELLIERLATTEN

Verlangen Sie von Ihrem Fachhändler unsere ausführlichen Einzelprospekte

DENNERT & PAPE · ARISTO-WERKE
HAMBURG-ALTONA

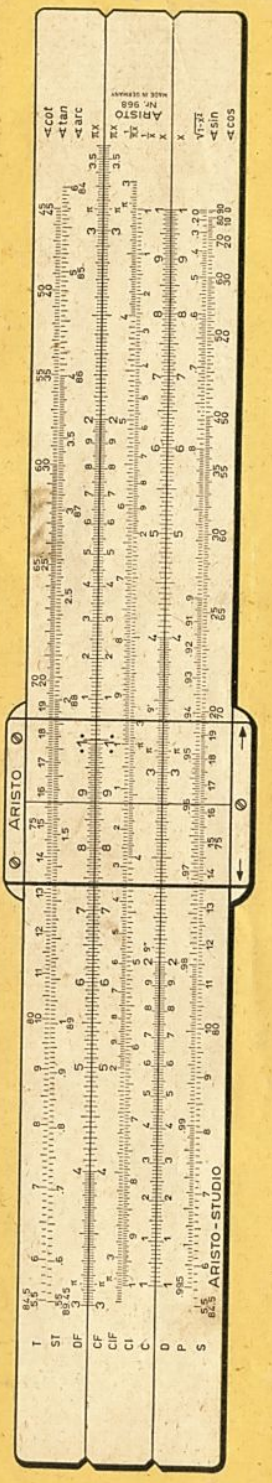
ANLEITUNG ZUM RECHENSTAB

ARISTO

STUDIO

868 · 0968 · 1068

Normzahlenmaßstab 1367



INHALT

DER RECHENSTAB ARISTO-STUDIO

Der ARISTO-Studio ist ein universaler Exponential-Rechenschieber für Wissenschaftler, Ingenieure und Studenten.

1. Die Skalenanordnung

Winkelseite:

T	Tangens- und Kotangensskala von 5,5° bis 45°, rückläufig von 45° bis 84,5°	∢ tan ∢ cot	auf der oberen Körperleiste
ST	Skala kleiner Winkel von 0,55° bis 6° rückläufig von 84° bis 89,45°	∢ arc	
DF	Um π versetzte Grundskala	πx	
CF	Um π versetzte Grundskala	πx	auf der Zunge
CIF	Reziproke CF-Skala	$1/\pi x$	
CI	Reziprokskala	$1/x$	
C	Grundskala	x	
D	Grundskala	x	auf der unteren Körperleiste
P	Pythagoreische Skala	$\sqrt{1-x^2}$	
S	Sinus- und Kosinusskala von 5,5° bis 90° rückläufig von 0° bis 84,5°	∢ sin ∢ cos	

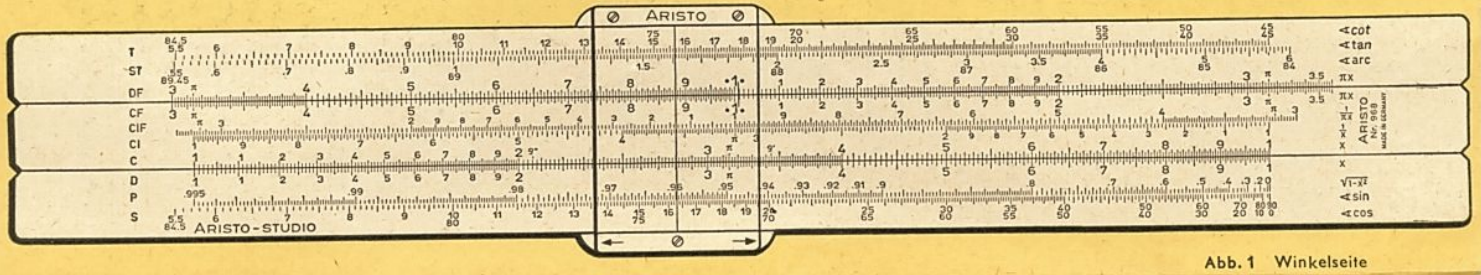


Abb. 1 Winkelseite

Exponentialseite:

LL01	Exponentialskala, Bereich:	0,99—0,9	$e^{-0,01x}$	auf der oberen Körperleiste
LL02		0,91—0,35	$e^{-0,1x}$	
LL03		0,4 —0,00001	e^{-x}	
A	Quadratskala		x^2	
B	Quadratskala		x^2	auf der Zunge
L	Mantissenskala		$\lg x$	
K	Kubikskala		x^3	
C	Grundskala		x	
D	Grundskala		x	auf der unteren Körperleiste
LL3	Exponentialskala, Bereich:	2,5 —100000	e^{x}	
LL2		1,1 —3,0	$e^{0,1x}$	
LL1		1,01—1,11	$e^{0,01x}$	

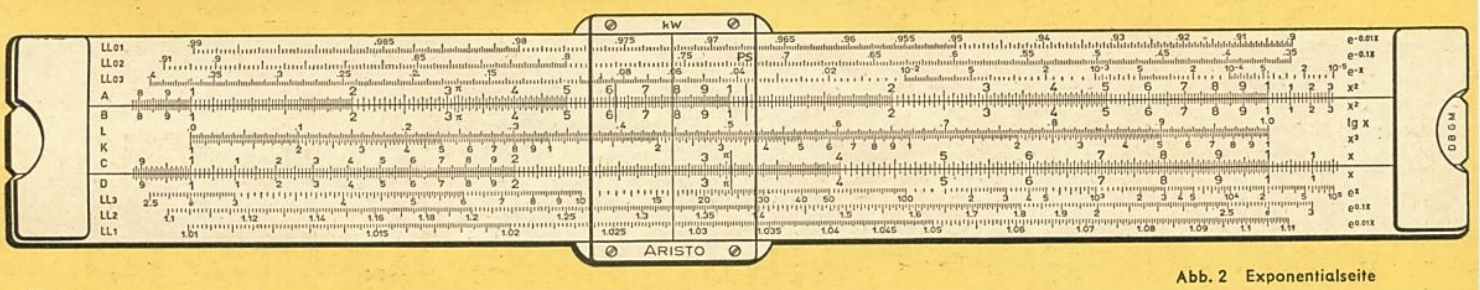


Abb. 2 Exponentialseite

2. Das Ablesen der Skalen

Für den Gebrauch des Rechenstabes ist es wesentlich, die Skalen schnell und sicher abzulesen. Die Abbildungen 3 bis 6 zeigen Ablesebeispiele der am meisten benutzten Grundskalen C und D. Die Hauptintervalle sind mit langen Teilstrichen und den Ziffern 1 bis 10 gekennzeichnet (Abb. 3). Die 10 ist wieder als 1 bezeichnet, da dieser Teilstrich als Beginn einer neuen Skala, identisch der vorausgehenden, angesehen werden kann.

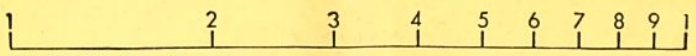


Abb. 3 Die Hauptintervalle

Die Skalen des Rechenstabes sind im Bereich der Ziffern 1 bis 2 in ähnlicher Weise wie ein Millimeter-Maßstab unterteilt; der Unterschied besteht nur darin, daß die Teilungsintervalle nach rechts hin immer kleiner werden, und daß die Skala nicht mit 0, sondern mit 1 beginnt.

Abb. 4 Ablesen im Bereich von 1 bis 2

Die Ziffer 2 eines Millimeter-Maßstabes kann 2 cm, 20 mm, 0,2 dm, 0,02 m usw. bedeuten; ebenso sagt auch die Ziffer der Rechenstabskala nichts über die Kommastellung aus. Deshalb ist es ratsam, nur Ziffernfolgen ohne Komma abzulesen und die Ziffern einzeln zu sprechen, z. B. Eins-Drei-Vier, nicht aber einhundertvierunddreißig, damit keine Ziffern vertauscht oder ausgelassen werden. Zur Übung verschiebt man den Läuferstrich langsam vom Wert 1 nach rechts und liest an jedem einzelnen Teilstrich die Ziffernfolge ab: 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113 usw.

Der Läuferstrich ist im Vergleich zur Breite des Intervalls so dünn, daß man die Mitte zwischen zwei Teilstrichen sicher einstellen kann. Das Auge kann aber auch kleine Bruchteile eines Intervalls unterscheiden, so daß man bei einiger Übung auch den zehnten Teil des Intervalls schätzen kann.

Zur Übung wird der Läuferstrich langsam weiter nach rechts verschoben, zwischen den Teilstrichen 131,0 und 132,0 wird beispielsweise geschätzt: 131,0, 131,1. 131,2, 131,3 131,4, 131,5 usw.

Zwischen einem bezifferten Teilstrich und dem ihm folgenden sind die Nullen zu beachten, besonders am Beginn der Skala, z. B. 100,0, 100,1, 100,2, 100,3 usw. (vgl. Abb. 4).

Abb. 5 Ablesen im Bereich von 2 bis 4

Da die Teilungsintervalle links von der Ziffer 2 bereits sehr eng werden, ist in dem daran anschließenden Bereich zwischen den Ziffern 2 und 4 nur noch jeder zweite Teilstrich eingraviert; daraus ergibt sich ein neues Teilungsbild, bei dem von Strich zu Strich die geraden Werte abgezählt werden: 200, 202, 204, 206, 208, 210, 212, 214 usw. Die Mitten der Intervalle geben die ungeraden Werte an: 201, 203, 205, 207, 209, 211, 213 usw. Abb. 5 zeigt einige Ablesebeispiele.

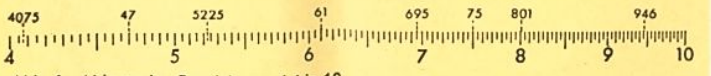


Abb. 6 Ablesen im Bereich von 4 bis 10

Im Bereich von 4 bis 10 springen die Intervalle um 5 Einheiten, so daß die Ablesungen an den aufeinanderfolgenden Teilstrichen 400, 405, 410, 415, 420, 425, 430 usw. lauten.

Die Zwischenwerte müssen nach Augenmaß geschätzt werden, in der Mitte zwischen 400 und 405 liegt der Wert 4025, etwas links davon 402, etwas rechts von der Mitte 403. Entsprechend gibt die Mitte des nächsten Intervalles den Wert 4075 an. Abb. 6 zeigt eine Reihe von Einstellungen.

Gerechnet wird derart, daß Strecken mechanisch addiert oder subtrahiert werden. Auf einfachste Weise kann die Rechenmethode an Hand zweier gegeneinander verschiebbarer Millimetermaßstäbe erklärt werden.

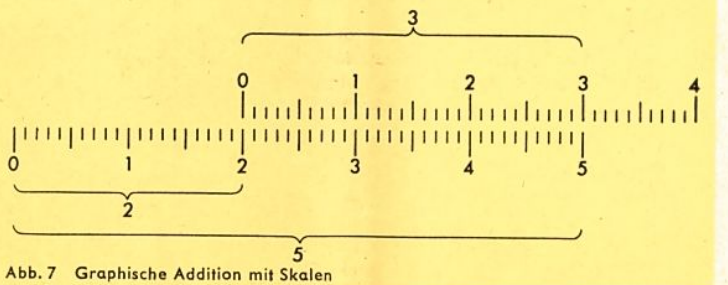


Abb. 7 Graphische Addition mit Skalen

Abb. 7 zeigt als Beispiel $2 + 3 = 5$. Wenn der Anfang des oberen Maßstabes über den Wert 2 des unteren Maßstabes gelegt wird, kann zu dieser eingestellten Strecke 2 mit Hilfe der oberen Skala beispielsweise die Strecke 3 addiert werden. Unter der 3 des oberen Maßstabes steht das Ergebnis 5 in dem unteren Maßstab. In der Abb. 7 könnte ebenfalls abgelesen werden $2 + 1 = 3$ oder $20 + 15 = 35$, wenn die Millimeter abgezählt werden.

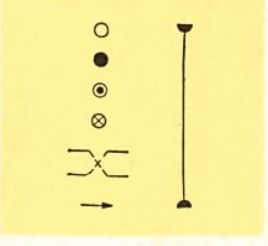
Auch die Subtraktion $5 - 3 = 2$ läßt sich aus der Abb. 7 ablesen, der Vorgang wird dann nur umgekehrt. Von der Strecke 5 der unteren Skala wird die Strecke 3 der oberen Skala abgezogen, dazu werden die Werte 5 und 3 übereinandergestellt und unter dem Anfang der oberen Skala steht das Ergebnis 2 in der unteren Skala.

Beim Rechenstab befinden sich die Teilungen auf einem festen Körper und auf einer darin verschiebbaren Zunge. Die Eigenart des Rechenstabes liegt darin, daß logarithmisch geteilte Skalen aufgetragen sind. Die Addition zweier Strecken gibt damit eine Multiplikation, und die Subtraktion wird zur Division.

3. Diagrammdarstellung der Beispiele

In folgendem soll eine einprägsame Darstellungsweise der Beispiele angewendet werden, die den Lösungsweg und die Reihenfolge der Einstellungen besser angibt als die übliche Abbildung des Rechenstabes. Die Skalen werden durch Parallellinien angedeutet, an deren Ende ihre Benennung steht. Folgende Symbole erleichtern die Lesbarkeit der Diagramme:

Anfangseinstellung
Jede weitere Einstellung
Endergebnis
Gelegentliche Einstellung oder Ablesung eines Zwischenergebnisses
Wenden des Rechenstabes
Pfeile geben die Reihenfolge und Bewegungsrichtung an
Ein senkrechter Strich stellt den Läufer dar



Als Einführung diene ein einfaches Beispiel:

$$\frac{27}{6} \cdot 1{,}7 = 7{,}65 \quad \text{(Abb. 8).}$$

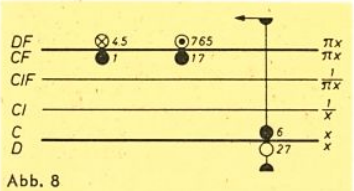


Abb. 8

4. Multiplikation (Zwei Strecken werden addiert)

Der Zungenanfang 1 der Skala C wird über den Wert 18 der Teilung D gestellt. Durch Verschieben des Läufers zum Wert 13 der Skala C wird die Strecke 13 zur Strecke 18 addiert, und das Ergebnis 234 kann unter dem Läuferstrich auf der Skala D abgelesen werden. Aus einer groben Überschlagsrechnung (20 · 10 = 200) ergibt sich die Kommastellung.

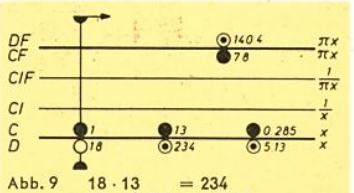


Abb. 9 18 · 13 = 234
18 · 0,285 = 5,13
18 · 7,8 = 140,4

Die Aufgabe 18 · 7,8 kann nach der bisherigen Darstellung nur gelöst werden, wenn die Zunge durchgeschoben, d. h. das Skalenende der Skala C über 18 in D gestellt wird. Beim ARISTO-Studio läßt sich diese zusätzliche Zungeneinstellung vermeiden, wenn man mit dem oberen Skalenpaar CF/DF weiterrechnet.

Die Skalen CF und DF ermöglichen diese vereinfachte Rechnung, weil diese Skalen eine Wiederholung der Grundskalen C und D sind, aber gegen diese so versetzt, daß der Skalenanfang 1 ungefähr in der Mitte des Rechenstabes liegt, um eine Überteilung auf der halben Stablänge zu erreichen. Wenn sich z. B. im unteren Skalenpaar die Werte 1 auf Skala C und 18 auf Skala D gegenüberstehen, so ist beim oberen Skalenpaar die gleiche Einstellung ablesbar, nämlich 1 auf Skala CF unter 18 auf Skala DF. Zur Unterstreichung der Zusammengehörigkeit sind die beiden Zungenskalen C und CF gelb gefärbt (vgl. Kap. 9).

5. Division (Subtraktion zweier Strecken, Umkehrung der Multiplikation)

Der Läuferstrich wird über den Wert 2620 der Skala D gestellt und der Wert 17,7 der Skala C unter den Läuferstrich geschoben, so daß beide Werte untereinander stehen. Das Ergebnis 148 wird unter dem Zungenanfang der Skala C abgelesen, bei anderen Beispielen gegebenenfalls unter dem Zungenende. Über 1 der Skala CF kann das Ergebnis auf der Skala DF natürlich ebenfalls abgelesen werden.

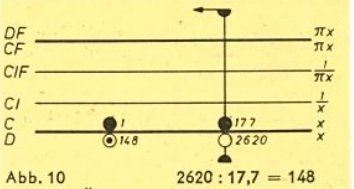


Abb. 10 2620 : 17,7 = 148
Überschlag 3000 : 20 = 150

Die Zungeneinstellung ist die gleiche wie bei der obigen Multiplikation 148 · 17,7 = 2620. Der Unterschied zwischen der Multiplikation und Division besteht nur in der Reihenfolge der Arbeitsgänge. Nach der Einstellung der Division wird das Ergebnis jeweils unter dem im Körper befindlichen Skalenanfang oder -ende abgelesen, ein Durchschieben gibt es nicht. Diese Eigenart wird in den folgenden Kapiteln wiederholt ausgenutzt werden.

6. Vereinigte Multiplikation und Division

Bei Ausdrücken der Form $\frac{a \cdot b}{c}$ wird zuerst dividiert, anschließend multipliziert. Nach der Division 345 : 132 in Abb. 11 braucht das Zwischenergebnis 2,61 nicht abgelesen zu werden; der Läufer wird zum Wert 22 der Skala C verschoben, darunter steht dann das Ergebnis 57,5 in Skala D. (vergl. auch Abb. 8)

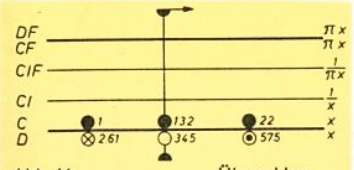


Abb. 11 Überschlag

$$\frac{345}{132} \cdot 22 = 57{,}5 \qquad \frac{300}{100} \cdot 20 = 60$$

7. Proportionsrechnung

Proportionen der Form $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} \cdots$ sind mit dem Rechenstab besonders bequem zu berechnen, weil mit der Einstellung eines Verhältnisses alle weiteren Relationen allein durch Verschieben des Läufers abgelesen werden können. Die Trennungslinie zwischen der Körper- und Zungenskala bildet dabei gleichsam den Bruchstrich. Diese Rechnungsart sollte allgemein bevorzugt werden.

Beispiel:
Umrechnung von Millimeter in Zoll:
Wieviel Millimeter sind 3, 5 und 7 Zoll?
1 Zoll = 25,4 mm.

Die Proportionsgleichung lautet:

$$\frac{1}{25{,}4} = \frac{3}{x} = \frac{5}{y} = \frac{7}{z}$$

Gemäß Einstellung in Abb. 12 ergibt sich:
x = 76,2 mm; y = 127,0 mm;
z = 177,8 mm.

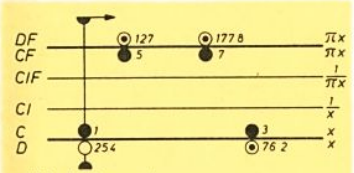


Abb. 12 Proportionen

Beispiel: Eine Zeichnung soll im Verhältnis 1 : 2,5 verkleinert werden. Die Maße 38, 42, 64 und 16 sind umzurechnen.

Das Verhältnis 1 : 2,5 wird eingestellt, die gesuchten Maße 15,2; 16,8; 25,6 und 6,4 mm können gegenüber den gegebenen Werten abgelesen werden.

8. Die Reziprokskalen CI und CIF

Diese Skalen entsprechen den Skalen C und CF mit dem Unterschied, daß sie in entgegengesetzter Richtung geteilt und beziffert sind. Somit steht gegenüber jedem Wert x der Grundskala C der Reziprokwert 1/x auf der Skala CI. Für das Verhältnis der Skalen CF und CIF zueinander gilt dasselbe. Der Vorteil der Reziprokskala liegt darin, daß mit ihr jede Multiplikation in eine Division und jede Division in eine Multiplikation verwandelt werden kann, z. B.

$$4 \cdot 5 = \frac{4}{1/5} \quad \text{und} \quad \frac{4}{5} = 4 \cdot \frac{1}{5}$$

Ausdrücke der Form $a \cdot b \cdot c$ oder $\frac{a}{b \cdot c \cdot d}$ usw. werden durch abwechselnde Multiplikation und Division wie die Aufgaben der vereinigten Multiplikation und Division (Kap. 6) gelöst. Während der Rechnung kann von der Skalengruppe C, D und CI zur Skalengruppe CF, DF und CIF übergegangen werden, um bei der Multiplikation das Durchschieben der Zunge einzusparen.

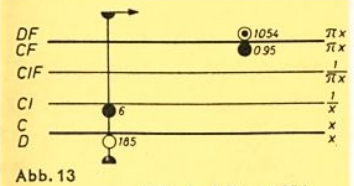


Abb. 13
185 · 6 · 0,95 = 1054
Überschlag 200 · 6 · 1 = 1200

Beim Beispiel der Abb. 13 soll man den Faktor 6 auf Skala CI wie bei einer Division einstellen und die Multiplikation mit 0,95 auf der oberen Skala CF vornehmen. Das Ergebnis 1054 erscheint darüber in der Skala DF.

9. Die versetzten Skalen CF und DF

Diese Skalen entsprechen in ihrer Länge den Grundskalen C und D. Nur sind sie um den Wert $\pi = 3{,}14159$ versetzt, d. h. sie sind so gegen die Grundskalen verschoben, daß ihr Wert π genau über dem Skalenanfang bzw. Skalenende der Grundskalen steht. Ihr Wert 1 liegt damit etwa in Skalenmitte, so daß eine Überteilung von der halben Skalenlänge entsteht. Daraus ergeben sich erhebliche Rechenvorteile beim Multiplizieren, Tabellenrechnen und bei Proportionsrechnungen, weil das Durchschieben der Zunge entfällt.

Der Index 1 der Skala CF zeigt stets die gleiche Einstellung auf Skala DF, wie die 1 oder 10 der Skala C auf Skala D. Die bisher ausgeführten Multiplikationen können daher auch mit dem oberen Skalenpaar CF/DF begonnen werden, und zwar mit Vorteil, weil von vornherein immer die richtige Anfangseinstellung erhalten wird. Die Überlegung, ob mit dem linken oder rechten Skalenende begonnen werden soll, ist dann unnötig. Wenn eine Division mit den oberen Skalen eingestellt wird, stehen Zähler und Nenner auf dem Rechenstab genau so übereinander wie in der Bruchschreibweise.

Die beiden Skalenpaare CF/DF und C/D bilden eine Arbeitsgemeinschaft; wenn ein Ergebnis in dem einen Skalenpaar nicht mehr abgelesen werden kann, dann ist die Ablesung im anderen möglich, ein Durchschieben der Zunge gibt es nicht mehr. Die gelben Farbstreifen auf der Zunge sollen daran erinnern, daß die Faktoren auf den beweglichen Zungenskalen C und CF eingestellt werden, um Fehler zu vermeiden, weil C über D, aber CF unter DF gleitet.

9.1 Tabellenrechnung ohne »Durchschieben« der Zunge

$$y = 29\,x$$

x	1,7	3,45	5,0	10
y	49,3	100	145	290

Für x = 5 kann ohne Durchschieben der Zunge auf dem oberen Skalenpaar CF und DF abgelesen werden.

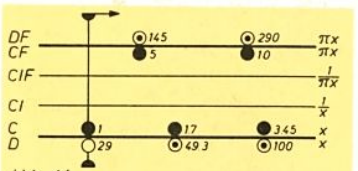


Abb. 14

$$y = \frac{28{,}2}{x} = 28{,}2 \cdot \frac{1}{x}$$

x	7,43	2,92	1,567
y	3,795	9,66	18,0

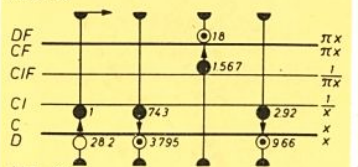


Abb. 15

$$y = \frac{x}{18{,}2} = \frac{1}{18{,}2} \cdot x$$

x	3,17	112,1
y	0,1742	6,16

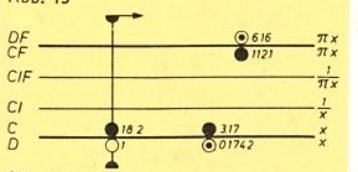


Abb. 16

9.2 Direkte Ablesung von Multiplikationen und Divisionen mit der Zahl π

Da die Skalen CF und DF um den Wert π versetzt sind, ergibt sich der weitere Vorteil, daß beim Übergang von D nach DF bzw. C nach CF eine Multiplikation und in der umgekehrten Richtung eine Division mit π ausgeführt wird. Wenn

z. B. der Durchmesser d auf Skala D mit dem Läuferstrich eingestellt wird, kann darüber auf Skala DF der Kreisumfang $U = d\pi$ abgelesen werden. Ähnlich rechnet man Kreisfrequenzen $\omega = 2\,f\pi$.

Bei allen komplizierteren Aufgaben, die den Faktor π enthalten, wird dieser bei der letzten Ablesung berücksichtigt.

$$1{,}739\,\pi = 5{,}46 \qquad \frac{140{,}5}{\pi} = 44{,}7$$

$$\frac{\pi}{5{,}73} = 0{,}548 \qquad \frac{1}{21 \cdot \pi} = 0{,}01516$$

Bei derartigen Aufgaben werden die Skalen CI und CIF zu Hilfe genommen.

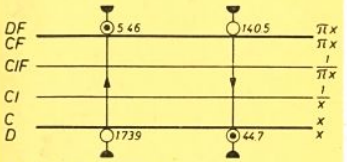


Abb. 17 Rechnen mit π

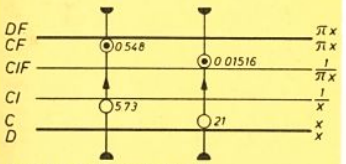


Abb. 18 Rechnen mit π

10. Die Skalen A, B und K

Wird der Läuferstrich auf einen beliebigen Wert x der Skala C gestellt, so kann auf der Skala B der Quadratwert x^2 und auf der Skala K der Kubikwert x^3 abgelesen werden. In umgekehrter Reihenfolge erhält man die zweiten und dritten Wurzeln.

a) $2^2 = 4 \qquad 2^3 = 8$

b) $32{,}7^2 = 3{,}27^2 \cdot 10^2 = 1070$

$32{,}7^3 = 3{,}27^3 \cdot 10^3 = 35000$

c) $\sqrt[2]{9} = 3 \qquad \sqrt[3]{27} = 3$

d) $\sqrt[2]{51} = 7{,}14 \qquad \sqrt[3]{364} = 7{,}14$

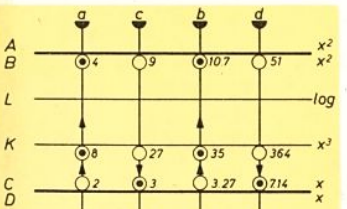


Abb. 19 Potenzen und Wurzeln

Die Kommastellung erhält man am besten durch eine Überschlagsrechnung. Beim Potenzieren und Wurzelziehen ist es vorteilhaft, Zehnerpotenzen abzuspalten, um Zahlenwerte zu erhalten, deren Lösung leicht zu übersehen ist. Die Quadratskalen kann man sich zu diesem Zwecke von 1 bis 100, die Kubikskala von 1 bis 1000 beziffert vorstellen. In welchem Bereich der Läufer eingestellt werden muß, ergibt sich aus dieser gedachten Bezifferung der Skalen.

Beispiele: $\sqrt{3200} = \sqrt{32 \cdot 100} = 10 \cdot \sqrt{32} = 10 \cdot 5{,}66 = 56{,}6$

$$\sqrt[3]{0{,}1813} = \sqrt[3]{\frac{181{,}3}{1000}} = \frac{1}{10} \cdot \sqrt[3]{181{,}3} = \frac{1}{10} \cdot 5{,}66 = 0{,}566$$

Mit den beiden Quadratskalen A und B kann wie mit den Grundskalen gerechnet werden, allerdings mit etwas geringerer Genauigkeit. Bei vielen Aufgaben ist es bequem, auf der Quadratskala weiterrechnen zu können, wenn mit einer Quadrierung begonnen wurde.

11. Die pythagoreische Skala P

In einem rechtwinkligen Dreieck mit der Hypotenuse 1 gilt die Beziehung $y = \sqrt{1 - x^2}$.

Zu jeder Einstellung x auf der Grundskala D wird auf der Skala P der Wert $y = \sqrt{1 - x^2}$ abgelesen. Umgekehrt gilt auch $x = \sqrt{1 - y^2}$.

$\sqrt{1 - 0{,}6^2} = 0{,}8; \quad \sqrt{1 - 0{,}8^2} = 0{,}6$

Man wählt jeweils die für die Genauigkeit günstigste Ableseart, im Beispiel $\sqrt{1 - 0{,}15^2} = 0{,}9887$ wird 0,15 auf Skala D eingestellt.

Beispiel aus der Elektrotechnik:

Scheinlast = 100%
Wirklast = 85%
Blindlast $= \sqrt{1 - 0{,}85^2} = 0{,}527$
$= 52{,}7\%$.

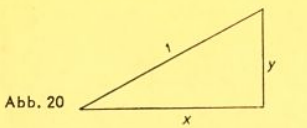


Abb. 20

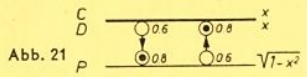


Abb. 21

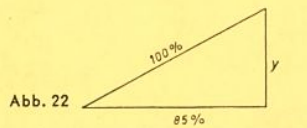


Abb. 22

Diese Art der Lösung ist jedoch nur dann einfach, wenn die Hypotenuse 1 oder 10, 100 usw. ist, insbesondere bei der Umrechnung sin ⟷ cos. Bei beliebigen rechtwinkligen Dreiecken ist die trigonometrische Lösung eleganter (siehe Kapitel 13).

Zur genaueren Ausrechnung von Quadratwurzeln bildet man z. B.

$$\sqrt{0{,}91} = \sqrt{1 - 0{,}09} = 0{,}9540$$

0,09 wird im linken Teil der Skala A eingestellt, dann steht $\sqrt{0{,}09} = 0{,}3$ in D und der Wert $\sqrt{1 - 0{,}3^2} = 0{,}9540$ in P. Eine Genauigkeitssteigerung ist bis herab zu ca. $\sqrt{0{,}65}$ gewährleistet. Diese Rechnung ist immer dann zweckmäßig, wenn der Radikand < 0,01, 1, 100 usw. ist.

12. Die Winkelfunktionen

Alle Winkelfunktionen sind auf die Grundskala D bezogen, und die Winkelwerte sind für 360°-Teilung mit dezimaler Unterteilung angegeben.

Zu jeder Einstellung eines Winkels in der Skala S, T oder ST wird die Winkelfunktion in Skala D abgelesen. In der umgekehrten Ableserichtung wird zu jedem in Skala D eingestellten Funktionswert der Winkel in den entsprechenden Winkelskalen gefunden.

Der Rechenstab gibt nur die Funktionen für Winkel im ersten Quadranten. Zur Reduktion beliebiger Winkel auf den ersten Quadranten sind die Beziehungen der Winkelfunktionen in einer Tabelle zusammengestellt.

	$\pm\alpha$	$90° \pm \alpha$	$180° \pm \alpha$	$270° \pm \alpha$	$45° \pm \alpha$
sin	$\pm \sin\alpha$	$+\cos\alpha$	$\mp \sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\cos(45° \mp \alpha)$
cos	$+\cos\alpha$	$\mp \sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\pm \sin\alpha$	$\sin(45° \mp \alpha)$
tan	$\pm \tan\alpha$	$\mp \cot\alpha$	$\pm \tan\alpha$	$\mp \cot\alpha$	$\cot(45° \mp \alpha)$
cot	$\pm \cot\alpha$	$\mp \tan\alpha$	$\pm \cot\alpha$	$\mp \tan\alpha$	$\tan(45° \mp \alpha)$

12.1 Die Sinusskala S reicht von 5,5° bis 90° und ist für die Kosinuswerte rückläufig von 0° bis 84,5° rot beziffert. Alle auf der D-Skala abgelesenen Sinus- oder Kosinuswerte beginnen mit 0,...

Die Sinuswerte für Winkel $45° < \alpha < 90°$ sind nach der Beziehung $\sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha}$ genauer ablesbar in der rot bezifferten P-Skala, wenn zur Winkeleinstellung die rote cos-Bezifferung benutzt wird.

Farbregel für Sinusfunktionen: Immer gleichfarbige Skalen einstellen und ablesen. Wegen $\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha}$ gelten für die Kosinuswerte der Winkel $5{,}5° < \alpha < 45°$ analoge Verhältnisse mit der Farbregel: Zu jeder Einstellung in Skala S gehört die andersfarbige Ablesung in Skala D oder P.

$\sin 26° = 0{,}438$
$\sin 82° = \sqrt{1 - \cos^2 82°}$
$= 0{,}9903$
$\arcsin 0{,}54 = 32{,}7°$

$\cos 75° = 0{,}2588$
$\cos 7° = \sqrt{1 - \sin^2 7°}$
$= 0{,}99255$
$\arccos 0{,}9852 = 9{,}87°$

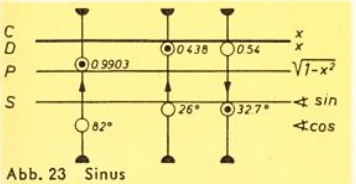


Abb. 23 Sinus

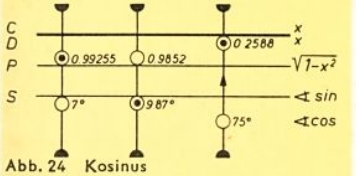


Abb. 24 Kosinus

12.2 Die Tangensskala T ist von 5,5° bis 45° in schwarzer Farbe und rückläufig von 45° bis 84,5° in roter Farbe beziffert. Zu schwarzen Winkelwerten wird die Tangensfunktion auf der schwarzen Skala D abgelesen, ihre Werte beginnen mit 0,...

Die Tangenswerte von Winkeln $\alpha > 45°$ (rote Ziffern) findet man auf der Skala CI (rote Ziffern) nach der Beziehung

$$\tan\alpha = \frac{1}{\tan(90 - \alpha)}.$$

Zum Ablesen des Funktionswertes muß die Zunge in diesen Fällen in die Grundstellung gebracht werden. Diese Werte sind stets > 1. Die Tangenswerte werden immer bei gleichen Farben eingestellt und abgelesen.

Zum Aufsuchen der Kotangenswerte gilt die Formel $\cot\alpha = \frac{1}{\tan\alpha}$, es werden also die Kehrwerte gebildet. Somit liest man die Kotangenswerte für Winkel $\alpha < 45°$ auf Skala CI und für Winkel $\alpha > 45°$ auf Skala D ab. Also stets ungleiche Farben einstellen und ablesen!

$\tan 14° = 0{,}2493$
$\tan 80° = \frac{1}{\tan 10°} = 5{,}67$
$\tan 80° = \cot 10° = 5{,}67$
$\arctan 1{,}75 = 60{,}25°$

$\cot 77° = 0{,}2309$
$\cot 9° = \frac{1}{\tan 9°} = 6{,}31$
$\operatorname{arccot} 2{,}0 = 26{,}57°$

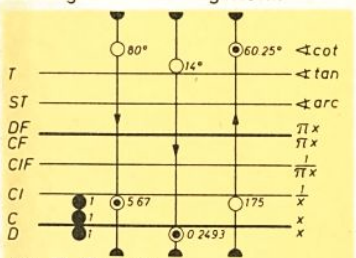


Abb. 25 Tangens

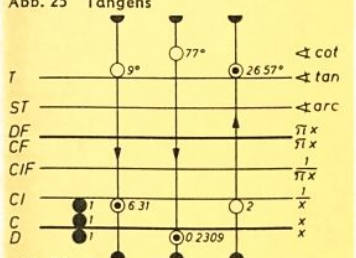


Abb. 26 Kotangens

12.3 Kleine Winkel

Wenn $\sin\alpha$ und $\tan\alpha$ für $\alpha < 5{,}5°$, sowie $\cos\alpha$ und $\cot\alpha$ für $\alpha > 84{,}5°$ bestimmt werden sollen, gilt die Näherung

$$\sin\alpha \approx \tan\alpha \approx \cos(90° - \alpha) \approx \cot(90° - \alpha) \approx \operatorname{arc}\alpha = \frac{\pi}{180}\alpha = 0{,}01745\,\alpha$$

Die Winkelskala ST, die von 0,55° bis 6° reicht, gibt für das Bogenmaß genaue Werte und ermöglicht die gleichzeitige Ablesung der Sinus-, Tangens- und Arcuswerte auf der Grundskala D. Die rückläufige rote Bezifferung der ST-Skala von 84° bis 89,45° gilt für die entsprechenden Kosinus- und Kotangenswerte.

Die Übereinstimmung zwischen $\sin\alpha$, $\tan\alpha$ und $\operatorname{arc}\alpha$ ist bis 4° sehr gut, bei größeren Winkeln rechnet man genauer:

$$\sin\alpha \approx \alpha \cdot \frac{\sin 6°}{6} \quad \text{bzw.} \quad \tan\alpha \approx \alpha \cdot \frac{\tan 6°}{6}$$

Die Werte $\cos\alpha$ für $\alpha < 5{,}7°$ und $\sin\alpha$ für $\alpha > 84{,}3°$ können nur ungenau vom Rechenschieber abgelesen werden. Hier hilft eine Reihenentwicklung:

$$\cos\alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2} \quad \text{(im Bogenmaß)}$$

$$\cos 1° \approx 1 - \frac{0{,}01745^2}{2} = 0{,}999848$$

Mit der Winkeleinstellung α auf Skala ST entnimmt man der Skala A bereits α^2 im Bogenmaß.

12.4 Die Umrechnung vom Gradmaß ins Bogenmaß erfolgt mit einer Läufereinstellung, weil die Skala ST eine um $\frac{\pi}{180}$ gegen Skala D versetzte Grundskala ist. Beim Übergang von ST nach D verwandelt man ein Gradmaß ins Bogenmaß und in der umgekehrten Richtung ein Bogenmaß ins Gradmaß. Diese Rechnung gilt nicht nur für die auf Skala ST angegebenen Winkel, sondern auf Grund der dezimalen Gradeinteilung gleichzeitig für alle Winkel, denn die 1 kann auch als 0,1°, 10° usw. gelesen werden, und dementsprechend verschiebt sich nur die Kommastelle im Bogenmaß.

z. B. a) $0{,}1° = 0{,}001745$ b) $10° = 0{,}1745$
c) $\tan 5° = 0{,}08725$ d) $\tan 0{,}5° = 0{,}008725$
e) $\tan 85° = \cot 5° = 11{,}45$ f) $\tan 89{,}5° = \cot 0{,}5° = 114{,}5$.

Bei Aufgabe e) und f) wird der Läufer wie bei c) und d) über 5° in Skala ST gestellt, das Ergebnis aber in Skala CI abgelesen, wenn die Zunge in Nullstellung steht.

Sind die kleinen Winkel in Minuten oder Sekunden angegeben, werden diese in Dezimalwerte eines Grades umgewandelt: $1' = 1/60°$ und $1'' = 1/3600°$ (s. auch Ziff. 12.5 und 16.1).

Durch Einstellung der 6 oder 36 von Skala CF unter 1° in Skala ST erhält man eine vorteilhafte Tabellenstellung für derartige Umrechnungen.

12.5 Die Marken ϱ' und ϱ'' der Zungenskala C geben eine vereinfachte Umrechnung, wenn die kleinen Winkel in Minuten oder Sekunden gegeben sind. Ihre Bedeutung ist:

$$\varrho' = \frac{180}{\pi} \cdot 60 = 3438 \qquad \varrho'' = \frac{180}{\pi} \cdot 60 \cdot 60 = 206265$$

Damit genügt eine Division zur Umrechnung:

$$\operatorname{arc}\alpha = \frac{\alpha'}{\varrho'} = \frac{\alpha''}{\varrho''}$$

$$\text{z. B. } \operatorname{arc} 22' = \frac{22'}{\varrho'} = 0{,}00640$$

Bei Benutzung dieser ϱ-Marken wird das Rechnen mit kleinen Winkeln oder Bögen für beliebige Radien sehr bequem.

$\alpha = \frac{b}{r} \cdot \varrho$, wenn der Winkel gesucht ist,

$b = \frac{\alpha \cdot r}{\varrho}$, wenn die Bogenlänge gesucht ist.

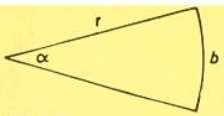


Abb. 27

13. Die trigonometrische Berechnung ebener Dreiecke

Der Sinussatz ist ein Musterbeispiel für die günstige Anwendung der Proportionsrechnung mit dem Rechenstab.

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

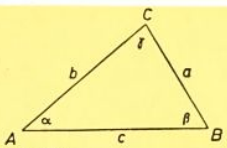


Abb. 28

Mit der Einstellung eines dieser Verhältnisse durch Gegenüberstellung der Strecke auf Skala C und des gegenüberliegenden Winkels auf Skala S sind auch die übrigen Verhältnisse eingestellt, so daß zu jeder Seite der zugehörige Winkel und umgekehrt zu jedem Winkel die gegenüberliegende Seite abgelesen werden kann.

Am häufigsten kommt in der Praxis die Berechnung rechtwinkliger Dreiecke vor. In diesem Sonderfall ist $\gamma = 90°$ und damit $\sin\gamma = 1$, sowie $\alpha = 90° - \beta$ und $\beta = 90° - \alpha$. Der Sinussatz erhält dann die Form:

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

Ferner ist: $\tan\alpha = \frac{a}{b}$

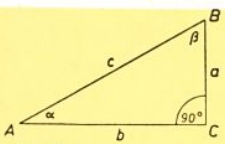


Abb. 29

Je nach den gegebenen Stücken kommen zwei grundsätzliche Rechenoperationen vor:

1. Gegeben sind zwei beliebige Stücke (außer Fall 2).
2. Gegeben sind die Katheten a und b.

Beispiel zu 1:

Gegeben: $c = 5$, $a = 3$
Gesucht: α, β, b
Man beachte: $\beta = 90° - \alpha$

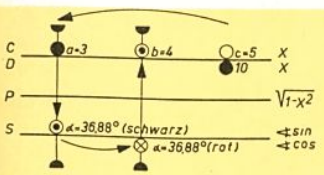


Abb. 30 Die Hypotenuse ist gegeben

Stets mit c in Skala C über 1 oder 10 in Skala D beginnen; gegenüber jeder Kathete in C steht dann der zugehörige Winkel in Skala S. Entsprechend verfährt man, wenn eine Kathete und ein Winkel gegeben sind, indem man das Sinusverhältnis aus der Kathete und dem gegenüberliegenden Winkel mit den Skalen S und C einstellt. Gelegentlich ist es vorteilhafter, mit der Skala CF an Stelle von C zu rechnen, um das Durchschieben der Zunge zu vermeiden.

Beispiel zu 2:

Gegeben: $a = 3, \quad b = 4$

Gesucht: α, β, c

$$\tan\alpha = \frac{3}{4} = 3 \cdot \frac{1}{4}$$

$$\alpha = 36{,}88^\circ$$

$$c = \frac{a}{\sin\alpha} = \frac{3}{\sin 36{,}88^\circ} = 5$$

Nachdem α auf Skala T gefunden ist, wird bei der gleichen Zungenstellung der Läufer über sin 36,88° gestellt und auf Skala CI der Wert c = 5 abgelesen.

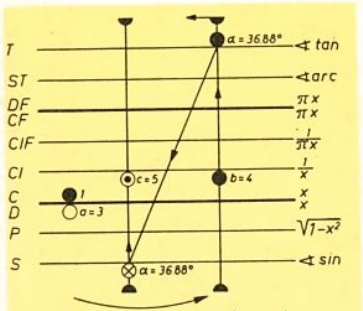


Abb. 31 Die Katheten sind gegeben

Weiteres Beispiel für diese Rechnungsart: Gegeben: $a = 15$, $b = 25$

Lösung: $\alpha = 30{,}96^\circ$; $\beta = 90^\circ - 30{,}96^\circ = 59{,}04^\circ$; $c = 29{,}16$

Wenn $a > b$, also $\alpha > 45^\circ$ wird, ändert sich der Rechengang nicht, man beginnt die Rechnung gleichfalls mit der kleineren Kathete. In diesem Falle wird der Winkel α als Komplementwinkel mit Hilfe der roten Bezifferung der T-Skala abgelesen und desgleichen in der roten Bezifferung der S-Skala als cos α eingestellt.

Diese zwei angeführten Rechnungsarten für das rechtwinklige Dreieck haben besondere Bedeutung bei Koordinaten- und Vektorrechnungen sowie bei Rechnungen mit komplexen Zahlen. Es handelt sich bei derartigen Aufgaben stets um die Verwandlung von rechtwinkligen Koordinaten in Polarkoordinaten oder um die Umkehrung dieser Aufgabe.

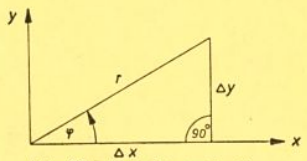


Abb. 32 $\Delta x, \Delta y \longleftrightarrow r, \varphi$

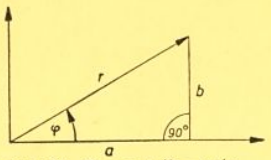


Abb. 33 $Z = a + jb = r\,\underline{/\varphi}$

Komplexe Zahlen lassen sich in der Komponentenform $Z = a + jb$ leicht addieren oder subtrahieren, in der Vektorform $Z = r \cdot e^{j\varphi} = r\underline{/\varphi}$ dagegen multiplizieren, dividieren und potenzieren. Aus diesem Grunde muß die Umrechnung von der einen Form in die andere häufig durchgeführt werden.

Beispiele: $Z = 4{,}5 + j\,1{,}3 = 4{,}68\,\underline{/16{,}13^\circ}$ $\quad Z = 6{,}7\,\underline{/49^\circ} = 4{,}39 + j\,5{,}05$

Der Rechengang ergibt sich aus den vorstehenden Erläuterungen.

14. Die Exponentialskalen LL1 — LL3 und LL01 — LL03

Alle Exponentialskalen sind auf die Grundskala D bezogen. Sie reichen mit drei e^{+x}-Skalen LL1, LL2 und LL3 von 1,01 bis 100000 und mit drei e^{-x}-Skalen LL01, LL02 und LL03 von 0,00001 bis 0,99.

Die Skalen e^{+x} und e^{-x} sind zueinander reziprok. Auf diesen werden Kehrwerte von Zahlen $< 2{,}5$ mit größerer Genauigkeit ermittelt als bei der Verwendung der Skalen CI oder CIF. $\quad \frac{1}{1{,}0170} = 0{,}98328$

Man beachte: Die Exponentialskalen sind Stellenwertskalen, d. h. der Wert 1,35 bedeutet nur 1,35, nicht auch 13,5 oder 135 wie bei den Grundskalen.

14.1 Potenzen und Wurzeln mit den Exponenten 10 und 100

Die Exponentialskalen sind so angeordnet, daß jeweils beim Übergang von einer LL-Skala zur benachbarten Skala die 10. Potenz oder 10. Wurzel berechnet wird, je nachdem, in welcher Richtung abgelesen wird. Die sich daraus ergebenden Variationen zeigt Abb. 34 und deren Beispiele.

Beispiele:

$1{,}015^{10} = 1{,}1605$

$1{,}015^{100} = 4{,}43$

$1{,}015^{-100} = 0{,}2257 = 1/4{,}43$

$1{,}015^{-10} = 0{,}8617 = 1/1{,}1605$

$1{,}015^{-1} = 0{,}98522 = 1/1{,}015$

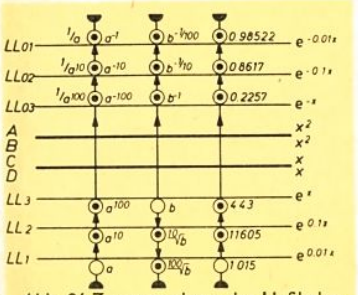


Abb. 34 Zusammenhang der LL-Skalen

Diese in der Praxis seltener vorkommenden Beispiele dienen zum besseren Verständnis für den Aufbau der Exponentialskalen.

14.2 Potenzen $y = a^x$

Genau so, wie man mit den Grundskalen multipliziert, wird bei der Anwendung der LL-Skalen potenziert.

Rechengang:

a) Einstellen des Anfanges oder Endes der Skala C über den Basiswert a auf der entsprechenden LL-Skala mit Hilfe des Läufers.

b) Einstellen der Exponenten x auf der Skala C durch Verschieben des Läufers.

c) Ablesen des Potenzwertes y unter dem Läuferstrich auf der richtigen LL-Skala (vgl. Ableseregeln!).

Mit der Einstellung des Basiswertes erhält man eine Tabellenstellung für die Funktion $y = a^x$. Abb. 35 zeigt die Einstellung für die Funktion $y = 3{,}2^x$, wobei der Läufer über dem Exponenten 2,5 und seinen dezimalen Variationen steht.

Beispiele:		Ablesung auf Skala
$3{,}2^{2{,}5}$	$= 18{,}3$	LL3
$3{,}2^{0{,}25}$	$= 1{,}338$	LL2
$3{,}2^{0{,}025}$	$= 1{,}0295$	LL1
$3{,}2^{-2{,}5}$	$= 0{,}0546$	LL03
$3{,}2^{-0{,}25}$	$= 0{,}7476$	LL02
$3{,}2^{-0{,}025}$	$= 0{,}97134$	LL01
$3{,}2^{3{,}1}$	$= 36{,}8$	LL3
$3{,}2^{0{,}36}$	$= 1{,}520$	LL2

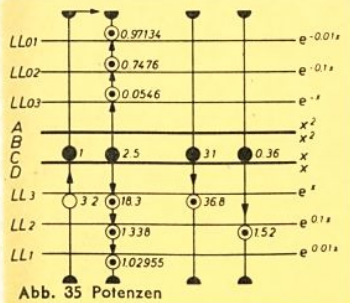


Abb. 35 Potenzen

Ableseregeln:

a) Bei positiven Exponenten liegen Einstellung und Ergebnis in der gleichen Skalengruppe LL1—LL3 oder LL01—LL03, man bleibt also bei der gleichen Farbe der Bezifferung. Bei negativen Exponenten muß man von einer Skalengruppe zur anderen wechseln (Farbenwechsel).

b) Analog zur Beschriftung der Skalen am rechten Rechenstabende erfolgt die Ablesung auf der niedriger bezifferten Nachbarskala LL, wenn bei der Variation der Exponenten das Komma um eine Stelle nach links rückt (vgl. Beispiele in Abb. 35).

c) Wird die Basis mit dem rechten Zungenende eingestellt, werden alle Ablesungen auf der höher bezifferten Nachbarskala vorgenommen (Abb. 38).

Für $0 < a < 1$ findet man die Potenzen mit positiven Exponenten in der Skalengruppe LL01—LL03 und mit negativen Exponenten in der Skalengruppe LL1—LL3.

Beispiele:

$$\left.\begin{aligned} 0{,}85^{3{,}25} &= 0{,}5896 \\ 0{,}85^{-3{,}25} &= 1{,}696 \end{aligned}\right\} \text{ siehe Abb. 36}$$

Weitere Beispiele in Abb. 37 und 38

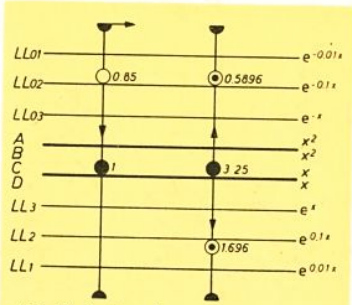


Abb. 36 Basis < 1

Beispiele:

$$\left.\begin{aligned} 1{,}46^{2{,}7} &= 2{,}78 \\ 1{,}46^{-2{,}7} &= 0{,}36 \\ 0{,}685^{2{,}7} &= 0{,}36 \\ 0{,}685^{-2{,}7} &= 2{,}78 \end{aligned}\right\} \begin{aligned}&\text{siehe Abb. 37} \\ &\text{oder Abb. 38}\end{aligned}$$

Für diese Beispiele sind zwei Lösungen möglich, entweder wird der Zungenanfang oder das Zungenende über die Basis gestellt.

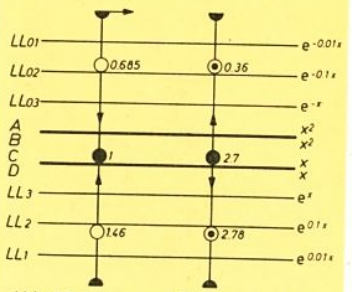


Abb. 37 Anfang von C über der Basis

14.3 Sonderfälle von $y = a^x$

Die Möglichkeiten, den Exponenten und die Basis zu variieren, sind durch den Bereich der Exponentialskalen begrenzt.

14.31 $y > 100000$ und $y < 0{,}00001$

Reicht das Ergebnis einer Potenz über den Bereich der Exponentialskalen hinaus, muß der Exponent in Summanden und somit die Potenz in Faktoren zerlegt werden.

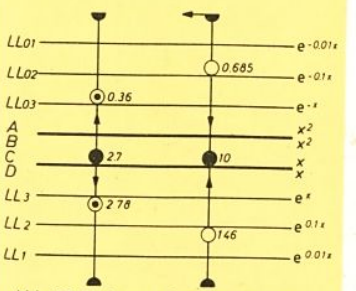


Abb. 38 Ende von C über der Basis

Beispiel:

$$3{,}14^{19} = 3{,}14^{6+6+7} = (3{,}14^6)^2 \cdot 3{,}14^7 = 0{,}955^2 \cdot 10^6 \cdot 3{,}02 \cdot 10^3 = 2{,}76 \cdot 10^9$$

Für negative Exponenten gilt selbstverständlich derselbe Lösungsweg.

14.32 $0{,}99 < y < 1{,}01$

Ist infolge eines kleinen Exponenten der Wert einer Potenz kleiner als 1,01, aber größer als 0,99, so kann das Ergebnis nicht der LL-Skala entnommen werden.

Die Reihenentwicklung

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

gibt dazu eine Näherungslösung:

$$a^{\pm x} \approx 1 \pm x \cdot \ln a \quad \text{für } |x| \ll 1$$

Wenn die 1 der Skala C mit Hilfe des Läufers über die Basis a in Skala LL gestellt wird, steht sie über dem Wert ln a in Skala D (vgl. Ziff. 14.4 und 14.6), und eine Multiplikation mit x durch Verschieben des Läufers über Skala C ergibt in Skala D die Ablesung $x \cdot \ln a$. Wird dieser Zwischenwert zu 1 addiert oder von 1 subtrahiert, erhält man den gesuchten Potenzwert $a^{\pm x}$. Je kleiner der Exponent, um so genauer wird das Ergebnis dieser Rechenmethode.

Beispiel:

$$\begin{aligned} 3{,}2^{0{,}0025} &\approx 1 + \ln 3{,}2 \cdot 0{,}0025 \qquad \text{(Als Fortsetzung des Beispiels } 3{,}2^x\text{)} \\ &\approx 1 + 0{,}002908 = 1{,}002908 \\ 3{,}2^{-0{,}0025} &\approx 1 - 0{,}002908 = 0{,}997092 \end{aligned}$$

Wird der Exponent im gleichen Sinne durch Verschieben des Kommas weiter verkleinert, so ändert sich im Ergebnis nur noch die Anzahl der Nullen oder Neunen hinter dem Komma. $3{,}2^{0{,}00025} = 1{,}0002908$

14.33 $0{,}99 < a < 1{,}01$

Wenn in der Potenz $y = a^x$ die Basis größer als 0,99, aber kleiner als 1,01 ist, hilft wieder eine Näherungslösung.

Nach der vorherigen Reihenentwicklung gilt $a^{\pm x} \approx 1 \pm x \cdot \ln a$. Da a nahezu 1 ist, kann man schreiben: $a = 1 \pm n$, damit gilt:

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

$$\begin{aligned} \ln (1 \pm n) &= \pm n - \frac{n^2}{2} \pm \frac{n^3}{3} - \cdots \\ \ln (1 \pm n) &\approx \pm n \ (\text{für } |n| \ll 1) \\ (1 \pm n)^x &\approx 1 \pm n x \\ (1 \pm n)^{-x} &\approx 1 \mp n x \end{aligned}$$

Es bleibt sich also gleich, ob für den vorgegebenen Bereich $\ln (1 \pm n)$ in Skala LL oder n in Skala D eingestellt wird, weil die Näherung $\ln (1 \pm n) \approx \pm n$ mit kleiner werdendem n immer genauer wird. Wenn der Bereich der Skala LL nicht ausreicht, kann also mit der Skala D als Fortsetzung der Skala LL weitergerechnet werden, indem an Stelle von $1 \pm n$ der Wert $\pm n$ eingestellt wird. Wird die 1 der Skala C über n in Skala D gestellt, so ist diese Einstellung praktisch identisch mit der Einstellung $\ln (1 \pm n)$ in einer Exponentialskala, die als Fortsetzung für den Bereich von 1,001 bis 1,01 bzw. 0,99 bis 0,999 usw. gedacht werden kann. Anschließend wird nach den Regeln für das Potenzieren gerechnet. Alle der Skala D entnommenen Ergebnisse entstehen im Grunde aus einer einfachen Multiplikation und müssen durch Addition der 1 ergänzt werden.

Bei größer werdenden Exponenten kann das Ergebnis direkt in den entsprechenden Exponentialskalen abgelesen werden.

Beispiele:	Ablesung auf Skala
$1{,}0023^{3{,}7} = (1 + 0{,}0023)^{3{,}7} = 1{,}00851$	D zu 1 addieren
$1{,}0023^{37} = 1{,}0888$	LL1
$0{,}9977^{3{,}7} = (1 - 0{,}0023)^{3{,}7} = 0{,}99149$	D von 1 subtrahieren
$0{,}9977^{37} = 0{,}9184$	LL01

Wird der Läufer über den Anfang der Skala D gestellt, vermittelt die Abweichung des Teilstriches 1,01 der Skala LL1 gegen den Läuferstrich eine Vorstellung von der Größe des Fehlers, der bei der Näherungsrechnung entstehen kann. Die Fehler der Näherung werden am größten, wenn in der Hilfsskala D eingestellt und auch abgelesen wird.

14.34 Steigerung der Rechengenauigkeit

Größere Genauigkeit wird erreicht, wenn die Abweichung der Grundskala D gegen die exakte Exponentialskala im Bereich 1,001 bis 1,01 durch Berücksichtigung des quadratischen Gliedes der Reihenentwicklung korrigiert wird.

A) $\ln(1 \pm n) \approx \pm n(1 \mp n/2)$ für die Basiseinstellung auf der Skala D
B) $e^{\pm x} \approx 1 \pm x(1 \pm x/2)$ für die Ablesung auf der Skala D

Wird das Ergebnis einer Exponentialskala entnommen, genügt die Korrektur nach Formel A für die Einstellung in Skala D. Wird dagegen nur mit der Skala D gerechnet, so muß die Einstellung und die Ablesung korrigiert werden.

Beispiel:
$1{,}0023^{3{,}7} = 1{,}00854$

$0{,}0023 \cdot (1 - 1/2 \cdot 0{,}0023) = 0{,}0023 \cdot 0{,}99885 = 0{,}002297$ wird an Stelle von $n = 0{,}0023$ in Skala D mit der Zungeneins eingestellt.

Die „Potenzbildung" $1 + 0{,}002297 \cdot 3{,}7$ gibt 1,00850. Als Ablesung in Skala D muß dieser Wert nach Formel B korrigiert werden:

$0{,}00850 \cdot (1 + 1/2 \cdot 0{,}00850) = 0{,}00850 \cdot 1{,}00425 = 0{,}00854$.
Nach Addition der 1 lautet das Ergebnis 1,00854 (genau: 1,0085362).

Diese Rechnung sieht etwas kompliziert aus, ist aber bei einiger Übung recht einfach, so daß man schließlich die Korrekturen nach „Augenmaß" einstellen kann. Derartige Korrekturen sind nicht mehr erforderlich, wenn die Basis $< 1{,}001$ ist, weil dann mit der Näherung die Rechenstabgenauigkeit erreicht wird.

14.4 Potenzen $y = e^x$

$y = e^x$ ergibt sich als Spezialfall aus der Grundstellung der Zunge, denn dann ist die Zahl $e = 2{,}718$ als Basis eingestellt. Da die Skala D aber diese Einstellung zu den Exponentialskalen ständig hat, genügt die Einstellung des Exponenten mit dem Läufer auf Skala D für Potenzen der Basis e. Die Ergebnisse der Beispiele zu Abb. 34 (nur Körperskalen) geben ein Beispiel für den Exponenten 1,489 mit seinen dezimalen Variationen.

$e^{1{,}489} = 4{,}43$	$e^{-1{,}489} = 0{,}2257$
$e^{0{,}1489} = 1{,}1605$	$e^{-0{,}1489} = 0{,}8617$
$e^{0{,}01489} = 1{,}015$	$e^{-0{,}01489} = 0{,}98522$

Bei weiteren Variationen wird wieder die Übereinstimmung mit $e^{\pm x} \approx 1 \pm x$ erreicht. $e^{0{,}001489} = 1{,}001489$

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

Mit den Exponentialskalen lassen sich Wurzeln mit beliebigen Radikanden ziehen. Die Wurzelausdrücke können zum besseren Verständnis in Potenzausdrücke verwandelt werden:

$$\sqrt[3{,}5]{e} = e^{\frac{1}{3{,}5}} = 1{,}3307$$

Man rechnet dann zweckmäßig in Grundstellung der Zunge mit der Reziprokskala CI.

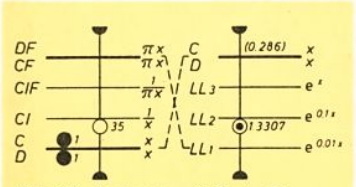


Abb. 39 Rechnung mit Skala CI

Andererseits kann auch analog zur Division (Ziff. 5) mit den LL-Skalen radiziert werden, denn entsprechend $y = a^x$ gilt die Beziehung $\sqrt[x]{y} = a$.

Rechengang:

a) Gegenüberstellung des Radikanden y auf der LL-Skala und des Wurzelexponenten x auf der Zungenskala C.

b) Ablesung des Wurzelwertes unter dem Zungenanfang oder Zungenende auf der entsprechenden LL-Skala.

Die Ableseregeln von S. 18 finden auch hier eine sinngemäße Anwendung. Es ist dabei zu beachten, daß die Ablesung unter dem rechten Zungenende auf der nächsttiefer bezifferten Skala (LL1—LL3 oder LL01—LL03) erfolgen muß.

Beispiele:

$\sqrt[0{,}77]{21} = 52{,}1$ $\qquad \frac{1}{\sqrt[0{,}77]{21}} = 0{,}0192$

$\sqrt[7{,}7]{21} = 1{,}485$ $\qquad \frac{1}{\sqrt[7{,}7]{21}} = 0{,}6734$

$\sqrt[77]{21} = 1{,}0403$ $\qquad \frac{1}{\sqrt[77]{21}} = 0{,}96122$

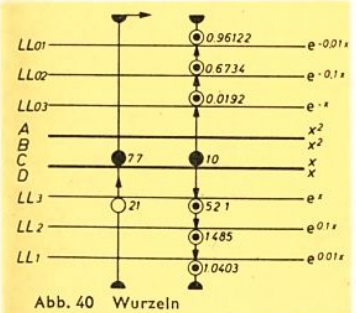


Abb. 40 Wurzeln

14.6 Logarithmen

Mit den Exponentialskalen können beliebige Logarithmen ermittelt werden. Die Logarithmen ergeben sich aus der Umkehrung der Potenzbildung.

$y = a^x \qquad x = {}^a\log y$ (lies: Logarithmus y zur Basis a)

Die Bestimmung des Logarithmus ist identisch mit einer Potenzaufgabe, bei welcher der Exponent gesucht wird.

Rechengang:

a) Einstellung des Anfanges der Zungenskala C über dem Basiswert a auf der entsprechenden Exponentialskala LL.

b) Einstellung des Numerus y auf der Exponentialskala mit dem Läuferstrich.

c) Ablesung des Logarithmus unter dem Läuferstrich auf der Zungenskala C.

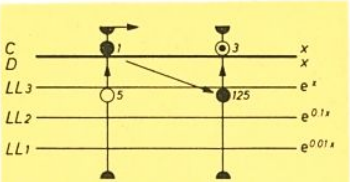


Abb. 41 $^{5}\log 125 = 3{,}0$

Die dekadischen Logarithmen werden genau so durch die Einstellung der Basis 10 gefunden. Außerdem befindet sich auf der Zunge die übliche Mantissenskala, in der man zu jeder in Skala C mit dem Läufer eingestellten Zahl die Mantissen direkt ablesen kann.

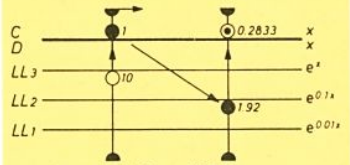


Abb. 42 $\lg 1{,}92 = 0{,}2833$

Die natürlichen Logarithmen der Basis e können einfach durch Übergang von den Exponentialskalen zur Körperskala D gefunden werden.

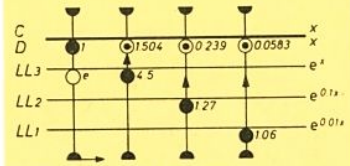


Abb. 43 $\ln 4{,}5 = 1{,}504$
$\ln 1{,}27 = 0{,}239$
$\ln 1{,}06 = 0{,}0583$

Die Bestimmung der Kommastellung erklärt sich aus der Beziehung: $^{a}\log a = 1$

Stellt man den Zungenanfang über die Basis a, dann sind die Logarithmen rechts vom Wert a größer als 1 und links davon kleiner als 1.

Ableseregeln:

a) Jeder Übergang zur benachbarten LL-Skala — in der Reihenfolge LL3, LL2, LL1 oder LL03, LL02, LL01 — bewirkt für den Logarithmus eine Verschiebung des Kommas um eine Stelle nach links, in der umgekehrten Reihenfolge nach rechts.

b) Die Logarithmen werden positiv (negativ), wenn der Numerus und die Basis auf gleichfarbigen (ungleichfarbigen) LL-Skalen eingestellt werden.

Übungsbeispiele:

$^{10}\log 50 = 1{,}699$

$^{10}\log 2 = 0{,}3010$

$^{10}\log 1{,}03 = 0{,}01\,283$

$^{10}\log 0{,}015 = -1{,}824$

$^{10}\log 0{,}5 = -0{,}3010$

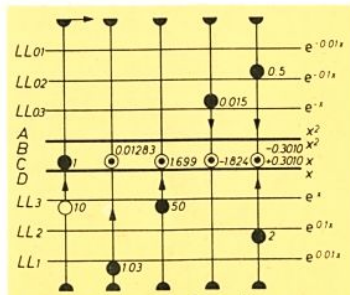


Abb. 44 Dekadische Logarithmen

Beim Durchschieben der Zunge liegen die Ablesungen alle links vom Basiswert, sie sind also < 1, damit wird bei allen Ablesungen das Komma um eine Stelle nach links verschoben gegenüber den Beispielen in Abb. 44.

Übungsbeispiele:

$^{10}\log 6 = 0{,}778$	$^{2}\log 16 = 4{,}0$	$^{0{,}25}\log 2 = -0{,}5$
$^{10}\log 1{,}14 = 0{,}0569$	$^{2}\log 1{,}02 = 0{,}02857$	$\ln 0{,}05 = -3{,}0$
$^{10}\log 1{,}015 = 0{,}00647$	$^{2}\log 0{,}25 = -2$	$\ln 0{,}622 = -0{,}475$

15. Weitere Anwendungen der Exponentialskalen

Die Zunge der Exponentialseite enthält außer der Grundteilung C und der Quadratskala B die Mantissenskala L und die Kubikteilung K, so daß außer den üblichen Berechnungen von x^2, x^3, $\sqrt{x}$, $\sqrt[3]{x}$ und $\lg x$ auch Potenzen der Formen $a^{\sqrt{x}}$, $a^{\sqrt[3]{x}}$, a^{10x} sowie umgekehrt Logarithmen der Formen $^{a}\log^2 x$, $^{a}\log^3 x$, $\lg {}^{a}\log x$ berechnet werden können.

Die Skalen CF/DF können auch in Verbindung mit den Exponentialskalen benutzt werden. Vielfach wird dann das Durchschieben der Zunge bei Tabellenbildungen eingespart.

15.1 Proportionsrechnung mit den Exponentialskalen

Wenn ein Basiswert a mit dem Anfang der Skala C auf einer LL-Skala eingestellt ist, können die Potenzwerte für beliebige Exponenten oder die Logarithmen beliebiger Zahlen für diese Basis abgelesen werden. Die auf einer LL-Skala eingestellte Basis a ist somit ein Proportionalitätsfaktor.

15.11 $y_1 = a^n \qquad y_2 = a^m$

$\log y_1 = n \cdot \log a \qquad \log y_2 = m \cdot \log a$

$$\frac{\log a}{1} = \frac{\log y_1}{n} = \frac{\log y_2}{m}$$

oder $$\frac{\ln a}{1} = \frac{\ln y_1}{n} = \frac{\ln y_2}{m}$$

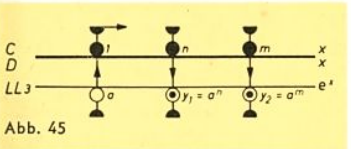


Abb. 45

Wenn drei Werte der Proportion bekannt sind, kann der vierte Wert berechnet werden, und mit der ersten Einstellung überblickt man eine Vielzahl von Proportionen. Wir haben hiermit wieder ein für das Rechnen mit dem Rechenstab günstiges Proportionsprinzip, und es kommt nur darauf an, geeignete Aufgaben auf diese Proportionsform zu bringen.

15.12

$$y = a^{\frac{m}{n}} \rightarrow \log y = \frac{m}{n} \log a$$

$$\frac{\log y}{m} = \frac{\log a}{n}$$

$$y = 4{,}3^{\frac{6{,}8}{2{,}7}} \rightarrow \frac{\log y}{6{,}8} = \frac{\log 4{,}3}{2{,}7}$$

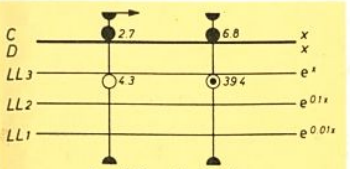


Abb. 46 $\frac{\log 4{,}3}{2{,}7} = \frac{\log 39{,}4}{6{,}8}$

Wird 4,3 auf Skala LL3 und 2,7 auf Skala C übereinandergestellt, dann kann unter 6,8 der Skala C das Ergebnis 39,4 auf Skala LL3 abgelesen werden. Ebenso werden natürlich die Abwandlungen dieser Aufgabe gelöst

$$y = \sqrt[2,7]{4,3^{6,8}} \text{ oder } y^{2,7} = 4,3^{6,8}$$

15.13

Viele Naturgesetze lassen sich auf die angegebene Proportionsform bringen, wenn die Änderung der einen Variablen proportional dem Logarithmus des Verhältnisses der anderen Variablen ist.

$$\log \frac{y_2}{y_1} = \text{const}\,(x_2 - x_1)$$

Eine Änderung von x_1 auf x_2 um das Intervall i hat eine Änderung von y_1 auf y_2 zur Folge.

Bezeichnet man das Verhältnis $\frac{y_2}{y_1}$ mit r, das ist die Restzahl, die den Rest vom ursprünglichen Ganzen angibt, dann lautet die obige Gleichung:

$$\frac{\log r}{i} = \text{const} = \frac{\log r_1}{i_1} = \frac{\log r_2}{i_2} = \cdots$$

Beispiel: Radioaktiver Zerfall.
Ein Stoff zerfalle in 30 Tagen zu 40%, es verbleiben 60% als Rest.
$i_1 = 30$, $r_1 = 0,6$. Wann sind noch 20% vorhanden? $r_2 = 0,2$

$$\frac{\log 0,6}{30} = \frac{\log 0,2}{x} \qquad x = 94,5 \text{ Tage}$$

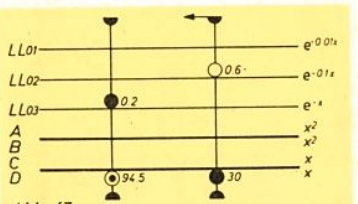


Abb. 47

15.14

Will man einen Logarithmus mit einer konstanten Zahl multiplizieren, so werden die Konstante auf Skala C und die Basis des Logarithmus auf Skala LL untereinandergestellt, um wieder eine Tabellenstellung für die Multiplikation der Konstanten mit Logarithmen der eingestellten Basis zu erhalten.

$x = c \cdot {}^a\log y$ lautet als Proportion: $\frac{x}{{}^a\log y} = \frac{c}{1} = \frac{c}{{}^a\log a}$

$2 \cdot {}^{10}\log 100 = 4$

$2 \cdot {}^{10}\log 1,8 = 0,511$

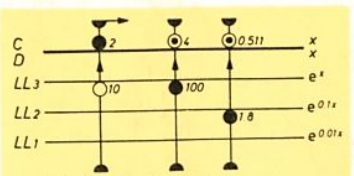


Abb. 48 $x = 2 \cdot \lg y$

In der Elektrotechnik ist es häufig erforderlich, die Dezibel zu einem gegebenen Spannungsverhältnis zu berechnen $db = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2}$.

Alle Logarithmen der Basis 10 können nach Abb. 48 mit dem Faktor 2 multipliziert werden, mit den LL0-Skalen auch die Logarithmen von Werten < 1.

15.2 Hyperbolische Funktionen

Die sinnvolle Anordnung der Exponentialskalen ermöglicht die verhältnismäßig einfache Bildung hyperbolischer Funktionen. Da sich die Potenzwerte mit negativen und positiven Exponenten gegenüberstehen, genügt eine Läuferstellung zur Ablesung von e^{+x} und e^{-x}, woraus sich die hyperbolischen Funktionen leicht errechnen lassen.

16. Der Läufer und seine Marken

16.1 Die Marke 36 (nur bei Nr. 868 und 0968)

Der Läufer hat auf der Vorderseite (Abb. 49) rechts oben einen kurzen Strich, der auf den Skalen CF/DF den Wert 36 angibt, wenn der Mittelstrich über dem Anfang der Skalen C/D steht. Auf diese Weise erhält man den Multiplikationsfaktor 36, wenn man bei beliebiger Läuferstellung von C/D nach CF/DF überwechselt, dadurch bietet der Läufer bequeme Umrechnungen:

1 Stunde = 3600 Sekunden

1 m/s = 3,6 km/h

1° = 3600″

1 Jahr = 360 Tage

Abb. 49

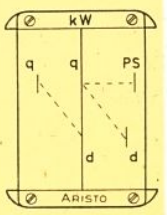


Abb. 50

16.2 Kreisflächen, Gewicht von Flußstahlstangen

Auf der Rückseite des Läufers (Abb. 50) gibt der Abstand vom Mittelstrich zum linken oberen und zum rechten unteren kurzen Strich den Faktor $\pi/4 = 0,785$ (bezogen auf die Quadratskalen) zur Berechnung von Kreisflächen (Querschnitten) nach der Formel $q = d^2\pi/4$. Steht der mittlere Läuferstrich über dem Durchmesser d auf Skala D, kann der Querschnitt links oben auf Skala A abgelesen werden. Die gleiche Beziehung besteht auch zwischen dem rechten unteren und dem mittleren Strich.

Da der Strichabstand gleichzeitig dem spezifischen Gewicht 7,85 von Flußstahl entspricht, kann — anschließend an die Querschnittsablesung am Mittelstrich — das Gewicht von Flußstahlstangen für die Längeneinheit am linken Strich abgelesen werden. Zieht man den Anfang der Zungenskala B schließlich unter diesen linken oberen Strich, so erhält man beim Verschieben des Läufers das Gewicht für jede beliebige Länge. Diese Vereinfachung entfällt bei Nr. 1068, weil infolge der doppelten Basislänge der Faktor $\pi/4$ nur einmal enthalten ist, wenn man von rechts unten nach links oben übergeht.

16.3 Die Marken kW und PS

Der Abstand zwischen dem Mittelstrich und der rechten oberen Marke gibt den Umrechnungsfaktor 736 für die Umwandlung von PS in kW und umgekehrt an, bezogen auf die Skalen A und B, wie in Abb. 50 angedeutet. Stellt man z. B. den Mittelstrich auf 20 kW, so gibt die obere rechte Marke 27,2 PS an. Umgekehrt

liefert die Einstellung von 7 PS mit der PS-Marke am Mittelstrich 5,15 kW. Bei dem 50 cm langen Rechenstab Nr. 1068 steht die Bezeichnung kW an der Marke links oben. Die gleichen Umrechnungen werden mit dieser kW-Marke und der rechten PS-Marke durchgeführt.

Für Rechnungen im Zollsystem werden Läufer mit dem Umrechnungsfaktor 746 geliefert; diese haben anstelle der PS-Marke eine HP-Marke (Bestellnummer L 0968 E).

16.4 Abnehmen des Läufers

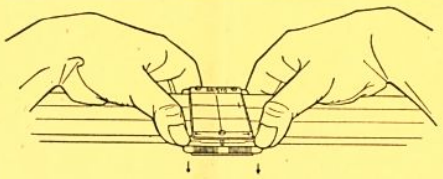


Abb. 51

Die Läuferstriche sind zum Skalenbild justiert, so daß während der Rechnung der Übergang von einer Seite des Rechenstabes zur anderen möglich ist. Der Läufer kann zum Zwecke der Reinigung abgenommen werden, ohne daß dabei die Justierung verlorengeht. Die einzelnstehende Schraube auf einem der Läuferstege ist als Druckknopf ausgebildet, der sich öffnet, wenn beide Daumen die durch Pfeile gekennzeichneten Außenteile des Steges vorsichtig nach unten drücken. Der Läufer wird dann quer zur Teilung vom Rechenstab abgenommen. Um die Läuferfeder gelegentlich auswechseln zu können, ist sie mit ihrem Zapfen in die Bohrung des Läufersteges gesteckt und mit einem Klebemittel befestigt. Ersatzfedern liefert jedes Fachgeschäft.

16.5 Justieren des Läufers

Falls gelegentlich eine Justierung erforderlich ist, z. B. beim Aufsetzen eines Ersatzläufers, wird der Rechenstab so auf den Tisch gelegt, daß die Läuferseite mit den vier Schrauben oben liegt. Nach Lockerung dieser vier Schrauben mit einem passenden Schraubenzieher wird der Rechenstab umgedreht und der Läuferstrich genau über die Endstriche der Winkelteilungen gestellt. Vorsichtig wird der Rechenstab wieder gewendet, ohne den Läufer zu bewegen, und dann bei festgehaltenem Läufer das obenliegende Läuferglas ebenfalls nach den Endwerten 1 ausgerichtet. Danach werden die vier Schrauben wieder sicher angezogen. Verlorengegangene Schrauben ersetzt jedes Fachgeschäft.

17. Der Normzahlen-Maßstab (NZ-Maßstab 1367)

(Nur bei Nr. 0968)

17.1 Aufbau der NZ-Skala

Normung und Typisierung sind wichtige Faktoren jeder rationellen Fertigung geworden, damit erlangen die Normzahlen (NZ) in der Technik immer mehr Bedeutung. Die Normzahlen nach DIN 323 sind ausgewählte Werte einer geometrischen Reihe, deren Stufung eine dezimale Einteilung zugrunde liegt.

Die Zusammenhänge werden beim Betrachten der Grundteilung D eines logarithmischen Rechenstabes und der dazugehörigen Mantissenskala L sehr deutlich.

Gegenüber den gleichmäßig gestuften Mantissenwerten der Skala L stehen in Skala D die zugehörigen Numeri. Die in der Tabelle abgedruckten Hauptwerte der Normzahlen nach DIN 323 sind Abrundungen dieser Normen.

Mantisse	40 er Reihe	20 er Reihe	10 er Reihe	5 er Reihe
000	1	1	1	1
025	1,06			
050	1,12	1,12		
075	1,18			
100	1,25	1,25	1,25	
125	1,32			
150	1,4	1,4		
175	1,5			
200	1,6	1,6	1,6	1,6
225	1,7			
250	1,8	1,8		
275	1,9			
300	2	2	2	
325	2,12			
350	2,24	2,24		
375	2,36			
400	2,5	2,5	2,5	2,5
425	2,65			
450	2,8	2,8		
475	3			
500	3,15	3,15	3,15	
525	3,35			
550	3,55	3,55		
575	3,75			
600	4	4	4	4
625	4,25			
650	4,5	4,5		
675	4,75			
700	5	5	5	
725	5,3			
750	5,6	5,6		
775	6			
800	6,3	6,3	6,3	6,3
825	6,7			
850	7,1	7,1		
875	7,5			
900	8	8	8	
925	8,5			
950	9	9		
975	9,5			
1000	10	10	10	10

Abb. 52 NZ-Maßstab

Den zehn bezifferten Teilstrichen der Skala L stehen in Skala D die Normzahlen der Reihe R 10 gegenüber. Die Aufteilung der Skala L in 20 gleiche Teile führt zu den Normzahlen der Reihe R 20 und aus 40 gleichen Intervallen wird die Reihe R 40 gebildet.

Aus der bisher besprochenen Gegenüberstellung der Skalen L und D entsteht eine NZ-Skala, wenn man die D-Skala fortläßt und nur die Normzahlen an die entsprechenden Teilstriche der vereinfachten Mantissenskala anschreibt.

Im Negativstreifen des beigegebenen NZ-Maßstabes 1367 sind eine vereinfachte Mantissenskala und die Normzahlen der Reihen R 10, R 20 und R 40 eingetragen. Die Mantissenskala enthält nur noch die Teilstriche, die zur Darstellung der NZ benötigt werden. Im cm-Maßstab und im Reduktionsmaßstab 1 : 2,5 sind die NZ-Werte zusätzlich markiert, und zwar die Reihe R 10 mit Pfeilspitzen, R 20 mit Strichen und R 40 mit Punkten.

17.2 Zweck des NZ-Maßstabes

In erster Linie soll die NZ-Skala eine Gedächtnisstütze sein, so daß die gebräuchlichsten NZ-Werte immer zur Hand sind. Die Markierungen in den Maßstäben sind eine wertvolle Hilfe zum Abtragen von NZ-Werten in Konstruktionszeichnungen, ferner sind sie praktisch für die Herstellung einfach- und doppeltlogarithmischer Netze auf gewöhnlichem kariertem Papier für übersichtliche nomographische Auswertungen. Auch für Überschlagsrechnungen wird die NZ-Skala gern benutzt.

17.3 Rechnen mit der NZ-Skala

Die Vereinigung von Normzahlen und Mantissen in einer Skala hat den Vorteil, daß logarithmische Überschlagsrechnungen sehr vereinfacht werden, denn den Normzahlen stehen in der Mantissenskala einfache Logarithmen gegenüber, die leicht im Kopf addiert oder subtrahiert werden können. Durch Hinzufügen der Kennziffern (wie beim Rechnen mit der Logarithmentafel) erhält man ein im Stellenwert richtiges Ergebnis, das um höchstens 3% ungenau ist, wenn man die Reihe R 40 in die Rechnung einschließt.

In vielen Fällen kann man sich gleichfalls der NZ-Skala bedienen, wenn man großzügig abrundet oder interpoliert, z. B. $\pi = 3{,}15$ oder für $\gamma = 7{,}85$ den Wert $\gamma = 8$ setzt. Vielfach finden sich auch gut zu den Normzahlen passende Werte, wie z. B. bei der Umrechnung englischer Maße:

1 engl. Meile	= 1,6 km	1 cu ft	= 0,028 m^3
1 Yard (yd)	= 0,9 m	1 engl. Pfund (lb)	= 0,45 kg
1 engl. Zoll (in)	= 25 mm	1 engl. Unze (oz)	= 28 g
100 m	= 112 Yard (yd)	1 lb per sq in	= 0,071 at
1 m	= 3,15 engl. Fuß (ft)	1 at (kg/cm^2)	= 14 lb per sq in

Die den NZ entsprechenden Mantissen werden aus der über den NZ liegenden Mantissenskala abgelesen. Besondere Aufmerksamkeit ist den Kennziffern zu schenken, da von diesen die Rechensicherheit wesentlich abhängt.

Bei umfangreicheren Formeln ist es vorteilhaft, die Logarithmen beim Ablesen aufzuschreiben, um die Addition nachprüfen zu können. Natürliche Zahlen kleiner als 1 (z. B. 0,8) werden oft besser durch negative Logarithmen ausgedrückt, z. B. lg 0,8 = — 0,1 statt lg 0,8 = 0,9 — 1.

17.31 Elektrischer Widerstand von Kupfer- und Aluminiumdraht

$$R = \frac{l}{\varkappa \cdot q}\ [\Omega] \qquad \varkappa_{Cu} = 56 \left[\frac{m}{\Omega\ mm^2}\right] \qquad R_{Cu} = \frac{6{,}7}{56 \cdot 1{,}7}$$

$$l = 6{,}7\ [m] \qquad \lg R_{Cu} = 0{,}82 - 1{,}75 - 0{,}22$$

$$q = 1{,}7\ [mm^2] \qquad \varkappa_{Al} = 36 \left[\frac{m}{\Omega\ mm^2}\right] \qquad = -1{,}15 = 0{,}85 - 2$$

$$R_{Cu} = 0{,}071\ \Omega$$

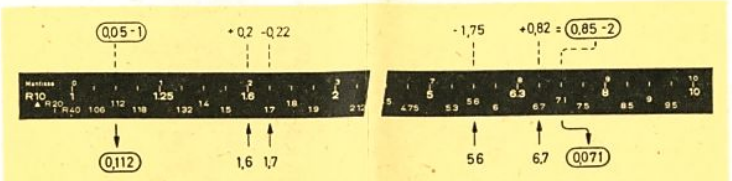


Abb. 53 Rechnen mit dem NZ-Maßstab

$$\frac{R_{Al}}{R_{Cu}} = \frac{\varkappa_{Cu}}{\varkappa_{Al}} = \frac{56}{36} = 1{,}6 \qquad R_{Al} = R_{Cu} \cdot 1{,}6 = 0{,}071 \cdot 1{,}6$$

$$\lg R_{Al} = 0{,}85 - 2 + 0{,}2 = 1{,}05 - 2 = 0{,}05 - 1$$

Stufensprung 1,6 in R 20 $\qquad R_{Al} = 0{,}112\ \Omega$

Jeder Faktor oder dessen Abrundung wird als NZ mit einem Bleistift oder mit dem Finger auf der NZ-Skala aufgesucht. Auf der Abbildung wird die Ablesestelle durch Pfeile angegeben. Darüber steht die Mantisse, die durch die Kennziffer ergänzt wird. Nach Addition aller Werte, die je nach Umfang im Kopf oder schriftlich ausgeführt werden kann, wird das Ergebnis bei dem in der Figur nach unten zeigenden Pfeil abgelesen.

17.32 Umfangsgeschwindigkeit

$$v = D \cdot \pi \cdot n\ (m/min)$$
$$v = 0{,}025 \cdot \pi \cdot 1400$$
$$\lg v = (0{,}4 - 2) + 0{,}5 + 3{,}15 = 2{,}05$$
$$v = 112\ (m/min)$$

17.4 Graphisches Rechnen mit Normzahlen

Oft ist es wichtig, Funktionen logarithmisch aufzutragen. Besondere logarithmische Papiere erübrigen sich, wenn die normale Teilung von mm-Papier mit den geometrisch gestuften Werten einer NZ-Reihe versehen wird. Auf diese Art läßt sich aus jedem mm-Papier wahlweise einfach- oder doppeltlogarithmisches Papier herstellen.

Da das Multiplizieren oder Dividieren von NZ mit bzw. durch NZ immer wieder NZ ergibt, eignet sich eine doppelte NZ-Teilung auch ganz besonders als graphische Rechentafel.

Bei Rechenaufgaben mit mehr als zwei Faktoren ist es meist zweckmäßig, mehrere solcher Netztafeln aneinander zu reihen.

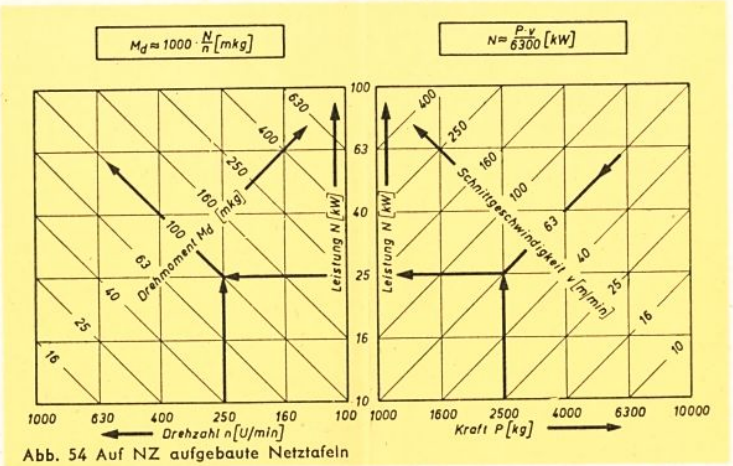


Abb. 54 Auf NZ aufgebaute Netztafeln

$$M_d \approx 1000 \cdot \frac{N}{n} \text{ (mkg)}$$

$$N \approx \frac{P \cdot v}{6300} \text{ (kW)}$$

$$M_d \approx 0{,}16 \cdot \frac{P \cdot v}{n}$$

Gegeben:
Kraft
P = 2500 (kg)
Geschwindigkeit
v = 63 (m/min)
Drehzahl
n = 250 (U/min)

Gesucht:
Leistung
N = 25 (kW)
Drehmoment
M_d = 100 (mkg)

17.5 Veröffentlichungen über Normzahlen

Berg, S.: Angewandte Normzahl, Berlin und Köln 1949.
Kienzle, O.: Normungszahlen, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1950.
Tuffentsammer, K., und P. Schumacher: Normzahlen — die einstellige Logarithmentafel des Ingenieurs, Werkstattstech. und Masch.-Bau **43** (1953), S. 156.
Tuffentsammer, K.: Das Dezilog, eine Brücke zwischen Logarithmen, Dezibel, Neper und Normzahlen. VDI-Zeitschrift **98** (1956), S. 267/74.
Strahringer, W: Zauberwelt der Normzahlen, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke m. b. H. VWEW, Frankfurt a. M. 1952

18. Die ARISTO-Tabelle A

Beim Studium englischer und amerikanischer Fachbücher bereiten die nichtmetrischen Einheiten große Schwierigkeiten, weil die Beziehungen zum metrischen System oft mühselig in der Literatur gesucht werden müssen. Diese Sucharbeit nimmt die Tabelle A weitgehend ab, weil darauf die wichtigsten Umrechnungsfaktoren zusammengestellt sind. Als Grundlage diente hauptsächlich *U. Stille*, Messen und Rechnen in der Physik, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn.

19. Behandlung des ARISTO-Rechenstabes

Der Rechenstab ist ein wertvolles Rechenhilfsmittel und braucht eine pflegliche Behandlung. Die Skalen und der Läufer sind vor Verschmutzung und Kratzern zu schützen, damit die Ablesegenauigkeit nicht beeinträchtigt wird.
Es empfiehlt sich, den Rechenstab von Zeit zu Zeit mit dem Spezialreinigungsmittel DEPAROL oder mit Wasser und Seife zu reinigen und trocken nachzupolieren. Keinesfalls dürfen irgendwelche Chemikalien verwendet werden, da diese die Teilung zerstören können.
Der Rechenstab ist vor Lagerung an heißen Plätzen, z. B. auf Heizkörpern oder in praller Sonne, zu schützen, da bei höheren Hitzegraden als etwa 60° C Verformungen auftreten. Für derartig beschädigte Rechenstäbe wird kein Ersatz geleistet.