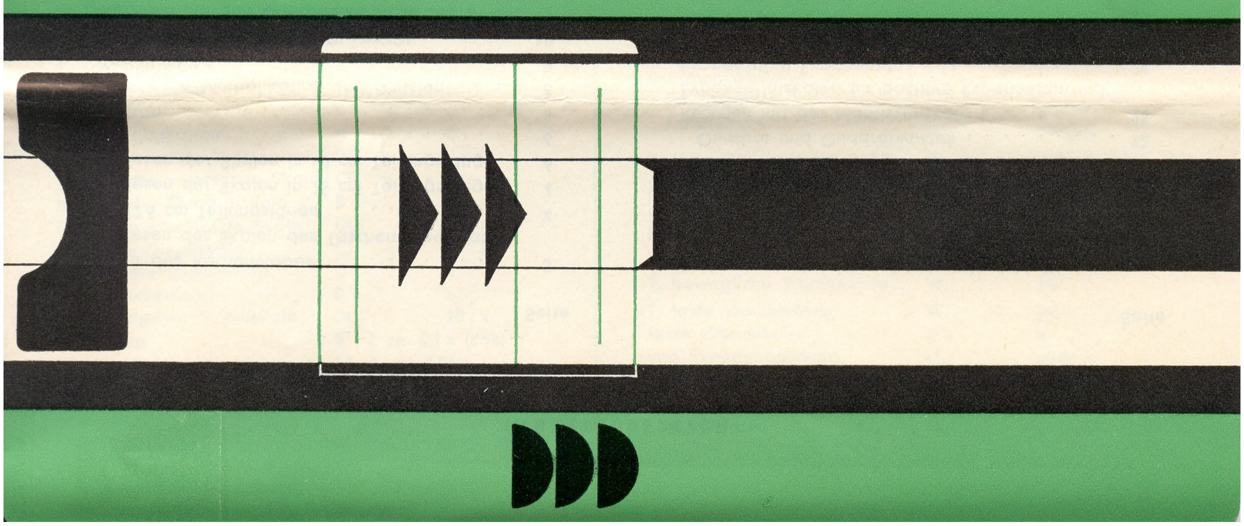
Rechenstab - Anleitung

Präzisions-Rechenstab
für Maschinen- und Elektro-Ingenieure,
Studenten der Technischen Universitäten
Fachhochschulen und Fachoberschulen

Novo-Duplex
Nr. 2/83 N, 62/83 N
mit erweitertem
Skalenbild



10574 ● Printed in Germany 1/783 N d

A. W. FABER-CASTELL · STEIN BEI NÜRNBERG, GERMANY

INHALTSÜBERSICHT

Der Castell-Novo-Duplex 2/83 N und 62/83 N mit erweitertem Skalenbild

Viele zufriedene Novo-Duplex-Benutzer haben durch positive Kritik die Anregung gegeben, unsere Entwicklungsabteilung hat die Erfahrungen der letzten Jahre genutzt und die neuesten Erkenntnisse verwertet, um die Skalenanordnung von Vorder- und Rückseite zu verbessern.
Neben vielen kleineren Verbesserungen kamen die Skalen A, B, DI (auf Vorderseite) und LL_{00}, CI, D, LL_0 (auf Rückseite) dazu.

Skalen des Rechenstabes

Alle Skalen sind auf die Grundskalen C und D bezogen und tragen am rechten Stabende die mathematische Formelbezeichnung, die auf die Bezifferung der Grundskalen ausgerichtet ist.
Der den Stab gänzlich umfassende Läufer ermöglicht eine Verbindung des Rechnungsganges über alle Skalen der Vorder- und Rückseite des Rechenstabes.

Die **Vorderseite** trägt folgende Skalen:

1. Tangensskala	T_1	$\sphericalangle$ tan 0,1 x (cot)
2. Tangensskala	T_2	$\sphericalangle$ tan x (cot)
Kubenskala	K	x^3
feste Quadratskala	A	x^2
feste π-versetzte Skala	DF	πx
bewegliche π-versetzte Skala	CF	πx
bewegliche Quadratskala	B	x^2
reziproke π-versetzte Skala	CIF	$10 : \pi x$
reziproke Grundskala	CI	$10 : x$
bewegliche Grundskala	C	x
feste Grundskala	D	x
feste reziproke Grundskala	DI	$10 : x$
Sinusskala	S	$\sphericalangle$ sin 0,1 x (cos)
Bogenmaßskala für kleine $\sphericalangle$	ST	$\sphericalangle$ arc 0,01 x
pythagoreische Skala	P	$\sqrt{1-(0,1\,x)^2}$

Die **Rückseite** trägt folgende Skalen:

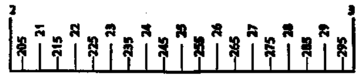
Exponentialskalen für negative Exponenten	LL_{03}	e^{-x}
	LL_{02}	$e^{-0,1\,x}$
	LL_{01}	$e^{-0,01\,x}$
	LL_{00}	$e^{-0,001\,x}$
2. feste Wurzelskala	W_2	$\sqrt{10\,x}$
2. bewegliche Wurzelskala	W_2'	$\sqrt{10\,x}$
reziproke Grundskala	CI	$10 : x$
Mantissenskala	L	$^1/_2$ lg x
bewegliche Grundskala	C	x
1. bewegliche Wurzelskala	W_1'	$\sqrt{x}$
1. feste Wurzelskala	W_1	$\sqrt{x}$
feste Grundskala	D	x
und Exponentialskala	LL_0	$e^{0,001\,x}$
weitere Exponentialskalen für positive Exponenten	LL_1	$e^{0,01\,x}$
	LL_2	$e^{0,1\,x}$
	LL_3	e^{x}

Das Ablesen der Skalen in 12,5 cm Teilungslänge bei 62/83 N: C, D, CF, CI, CIF

Ausschnitt aus Teilungsbereich 1-2
Von Leitzahl 1 zu Leitzahl 1,2

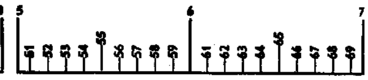
Hier lassen sich 3 Stellen genau ablesen. Die ungeraden Zahlen erhält man durch Halbieren der Zwischenräume (101, 103 usw.).

Ausschnitt aus Teilungsbereich 2-5
Von Leitzahl 2 zu Leitzahl 3



Hier kann man ebenfalls 3 Stellen genau ablesen, wenn die Endzahl eine 5 ist.

Ausschnitt aus Teilungsbereich 5-10
Von Leitzahl 5 zu Leitzahl 7



Hier kann man 2 Stellen genau ablesen, bzw. sind diese durch Teilstriche markiert.

Der Ablesestrich der Teilungen geht aber weit über diese Möglichkeit hinaus. Die weiteren Zwischenwerte müssen jedoch abgeschätzt werden.

Das Ablesen der Skalen in 25 cm Teilungslänge bei 2/83 N: C, D, CF, CI, CIF, DI und bei 62/83 N: W

Es ist zu merken:

Der Rechenstab zeigt nicht die Größenanordnung einer Zahl an. So kann also z. B. der auf dem Stab eingetragene Wert 6 sowohl 6; 0,6; 60; 600; 6000; 0,006 usw. bedeuten.* Die Stellung des Kommas wird durch Überschlagsrechnung mit abgerundeten Zahlen nachträglich ermittelt. In den meisten praktischen Aufgaben ist die Stellung des Kommas im voraus bekannt, so daß sich weitere Stellenwertsregeln erübrigen. Man macht sich die Unterteilung der Skalen am besten an den beiden Grundskalen C und D klar. Ist uns deren Einteilung vertraut, werden wir auch die übrigen Skalen verstehen.
Alle rot eingefärbten Skalen verlaufen entgegengesetzt (reziprok) von rechts nach links.

* Eine Ausnahme bilden die Exponentialskalen (s. S. 24 oben) und die Skala P (s. S. 15); außerdem die trigonometrischen Skalen T_1, T_2 und S.

Doch betrachten wir nun die Grundskalen C und D auf der Stabvorderseite, wobei für die Ablese- und Einstellübungen der lange Läuferstrich oder die Index-1 (Skalenanfang) bzw. Index-10 (Skalenende) benutzt werden.

von Leitzahl 1 zu Leitzahl 1,1

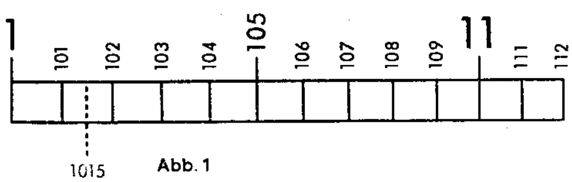


Abb. 1

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich von 1 bis 2 (Skala C und D)
10 Unterabschnitte zu je
10 Intervallen
(= 1/100 oder 0,01 pro Teilstrich)

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

von Leitzahl 3 zu Leitzahl 4

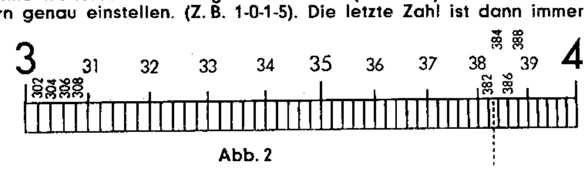


Abb. 2

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich von 2 bis 4 (Skala C und D)
10 Unterabschnitte zu je
5 Intervallen
(= 1/50 oder 0,02 pro Teilstrich)

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

von Leitzahl 8 zu Leitzahl 10

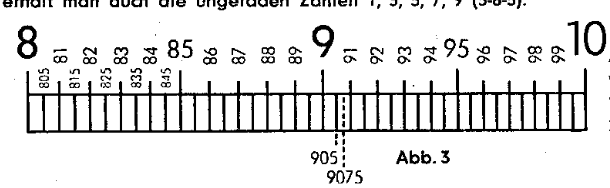


Abb. 3

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich von 4 bis 10 (Skala C und D)
10 Unterabschnitte zu je
2 Intervallen
(= 1/20 oder 0,05 pro Teilstrich)

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

Das Ablesen der Skalen in 50 cm Teilungslänge $W_1\ W_1'\ W_2\ W_2'$ bei 2/83 N

Diese Skalen sind an den Gleitfugen der Stab-Rückseite angeordnet und verlaufen von 1-3,16 = $\sqrt{10}$ unten und 3,16-10 oben (entsprechende Überteilungen sind zur Arbeitserleichterung eingearbeitet). Bei ihrem Gebrauch ist erhöhte Genauigkeit gegeben. Allerdings weichen sie in der Einteilung von den Skalen der 25 cm-Teilungslänge ab.

Teilungsbereich von 1—2

Dieser Abschnitt ist zunächst in **zehn** Unterabschnitte eingeteilt, die mit 1,1, 1,2, 1,3, 1,4 ... bis 1,9 beziffert sind. Jeder dieser Abschnitte ist wieder in **zehn** Unterteile zerlegt; nur stehen jetzt keine Bezifferungen dabei, da der Platz hierfür fehlt. Und zwischen diesen Teilstrichen endlich ist mit einem kleinen Strich auch noch die Mitte eingetragen.
Man kann ablesen: 1-1-2-5; 1-3-1-5; 1-4-4-5; 1-5-2-5; 1-7-1-5 ... 1-9-7-5.

Teilungsbereich von 2—5

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

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

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

Der Ablesebereich der Skalen geht aber weit über diese Möglichkeiten hinaus. Die weiteren Zwischenwerte müssen jedoch abgeschätzt werden.

Multiplikation

$\boxed{a \cdot b}$

Man verwendet vor allem die Hauptskalen C und D der Stabvorderseite.
Multiplikation mit den Skalen A und B siehe Seite 12.

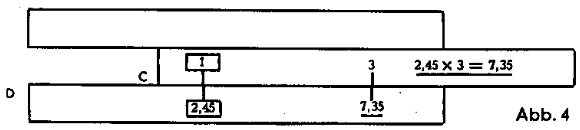


Abb. 4

Beispiel: 2,45 · 3 = 7,35
Man stellt 1 am Zungenanfang (**C** 1) über 2,45 der unteren Stabskala (**D** 245), bringt den Läuferstrich* über 3 der unteren Zungenskala (**C** 3) und liest das Produkt 7,35 unter dem Läuferstrich auf der unteren Stabskala (**D** 735) ab.

* Wichtiger Hinweis: Mit Läuferstrich ist in den folgenden Abschnitten stets der lange, durchgehende, mittlere „Hauptstrich" auf Läufer-Vorder- und -Rückseite gemeint.

Beispiel: 2,04 · 3,18 = 6,49. Man stellt C 1 über D 2,04, zieht den Läuferstrich über C 3,18 und liest gleichfalls unter dem Läuferstrich auf D das Ergebnis 6,49 ab.

Beispiel: 11,45 · 4,22 = 48,3. Man stellt C 1 über D 11,45, zieht den Läuferstrich über C 4,22 und liest gleichfalls unter dem Läuferstrich auf D das Ergebnis 48,3 ab.

Es kommt beim Rechnen auf den unteren Skalen C und D vor, daß die Zunge mit der Einstellung C 1 über 1. Faktor auf Skala D zu weit nach rechts heraussteht, so daß der 2. Faktor nicht mehr auf C eingestellt werden kann.

Durchschieben der Zunge

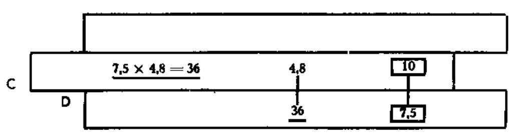


Abb. 5

Beispiel: 7,5 · 4,8 = 36
In diesem Fall schiebt man die Zunge nach links so weit durch, bis statt Zungenanfang **C** 1 das Zungenende **C** 10 über dem 1. Faktor auf Skala **D** steht.

Man nennt diesen Vorgang „Durchschieben der Zunge". Man kann es vermeiden, wenn man im Bedarfsfall gleich **C** 10 (Zungenende) über den 1. Faktor stellt. Ein geübter Rechner weiß sofort, welche Einstellung er wählt, ob „Zungenanfang **C** 1 über 1. Faktor" oder aber „Zungenende **C** 10 über 1. Faktor".

Übungsbeispiele: Einstellung „Zungenanfang C 1 über 1. Faktor": 1,82 · 3,9 = 7,1; 0,246 · 0,37 = 0,091; 213 · 0,258 = 54,95
Einstellung „Zungenende C 10 über 1. Faktor": 4,63 · 3,17 = 14,68; 0,694 · 0,484 = 0,336

Das „Durchschieben der Zunge" ist bei den π-versetzten Skalen CF und DF in Zusammenarbeit mit C und D nicht erforderlich (siehe Seite 13).

Multiplikation mit den Skalen C und D der Stabrückseite.

Man kann auch mit den Skalen C und D auf der Stabrückseite multiplizieren. Allerdings muß für jede Einstellung und Ablesung der Läuferstrich zu Hilfe genommen werden.

Beispiel: 3,63 · 1,41 = 5,12. Man stellt mit Hilfe des Läuferstrichs C 1 über D 3,63 (also zuerst Läuferstrich über D 3,63, dann C 1 unter Läuferstrich), dann Läuferstrich über C 1,41, und kann darunter auf D das Ergebnis 5,12 ablesen.

Besonders vorteilhaft kann man bei zusammengesetzten Rechnungen mit den Wurzelskalen (ab Seite 20) oder Exponentialskalen (ab Seite 24) die Skalen C und D der Stab-Rückseite einschalten.

Division

$\boxed{\frac{a}{b}}$

Mit Hilfe des Läuferstrichs stellt man Zähler auf D und Nenner auf C gegenüber und kann unter Zungenanfang C 1 oder Zungenende C 10 das Ergebnis ablesen. Division mit A und B siehe Seite 12.
Beispiel: 9,85 : 2,5 = 3,94

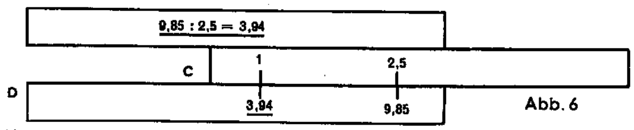


Abb. 6

Man schiebt zuerst den Läuferstrich über den Zähler 9,85 auf der unteren Stabkörperskala D, zieht dann den Nenner 2,5 (auf Teilung C) unter den Läuferstrich. Jetzt stehen sich Zähler und Nenner gegenüber und unter dem Zungenanfang C 1 kann man das Ergebnis 3,94 auf Skala D ablesen.

Übungsbeispiele: 970 : 26,8 = 36,2; 285 : 3,14 = 90,7; 7500 : 835 = 8,98; 0,685 : 0,454 = 1,509; 68 : 258 = 0,264
Ebenso kann auch mit den Skalen C und D der Stabrückseite dividiert werden. Nur muß man zur Ablesung des Ergebnisses unter C 1 wieder den Läuferstrich zu Hilfe nehmen.

Vereinigte Multiplikation und Division

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

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

Man arbeitet vor allem mit den Skalen C und D der Stabvorderseite.

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

Übungsbeispiele: $\frac{38{,}9 \cdot 1{,}374 \cdot 16{,}3}{141{,}2 \cdot 2{,}14} = 2{,}883$; $\frac{1{,}89 \cdot 7{,}68 \cdot 8{,}76}{0{,}723 \cdot 4{,}76} = 36{,}95$

Tabellenbildung

Man stellt bei der Tabellenbildung die jeweilige Parität ein und kann dann Umrechnungen von Maßen, Gewichten und anderen Einheiten untereinander durchführen. Ist die Einheit, z. B. 1 inch = 25,4 mm, bekannt, stellt man C 1 über den entsprechenden Wert; ist die Parität, z. B. 75 lbs. sind 34 kg, bekannt, stellt man auf C und D beide Werte gegenüber. Beispiel: Man will Yards in Meter umrechnen. 82 Yards sind 75 Meter.

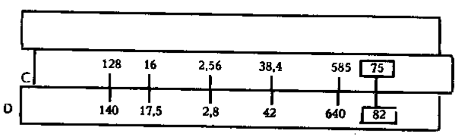


Abb. 7

Man stellt C 75 über D 82. Damit ist eine Tabelle hergestellt und man kann ablesen: 42 Yards sind 38,4 m, 2,8 Yards sind 2,56 m; 640 Yards sind 585 m; 16 m sind 17,5 Yards; 128 m sind 140 Yards usw.

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

Übungsbeispiele

1 engl. Zoll = 25,4 mm (Parität 26" = 66 cm). Stelle C 1 (linke 1 von C) über D 2-5-4 (2-5-4 auf D) und lies mit Hilfe des Läuferstrichs ab:
17 Zoll = 43,2 cm
38 Zoll = 96,5 cm

1 m Stoff kostet DM 45,—. Stelle C 10 über D 45 und lies mit Hilfe des Läuferstrichs ab:
3,20 m Stoff kosten DM 144,—
2,40 m Stoff kosten DM 108,—

Kursrelation 1 $ = DM 4,—. Stelle C 10 über D 4-0-0 und lies mit Hilfe des Läuferstrichs ab:
$ 2.61 = DM 10,44
$ 4.73 = DM 18,92

Wenn man beim Tabellenbilden einzelne Werte nicht mehr einstellen und ablesen kann, weil die Zunge zu weit heraussteht, behilft man sich wieder mit dem „Durchschieben der Zunge", d. h. man „hält die Einstellung fest", indem man den Läuferstrich über C 1 stellt. Anschließend schiebt man die Zunge durch, bis C 10 an Stelle von C 1 steht. (Siehe auch Tabellenbildung mit den Skalen CF, DF, CIF auf Seite 13!)

Rechnen mit den Skalen CI und DI

$\boxed{\frac{1}{a}}$

Die bewegliche Skala CI

Sie ist von 1—10 unterteilt, entspricht also im Teilungsbild den Skalen C und D, verläuft aber in entgegengesetzter Richtung und ist daher rot eingefärbt. Ihre Anwendung ergibt verschiedene Rechenmöglichkeiten.

1. Sucht man zu einer gegebenen Zahl a den reziproken Wert 1 : a, stellt man diese auf C oder CI ein und liest darüber auf CI bzw. darunter auf C den reziproken Wert ab. Die Ablesung geschieht ohne Verstellung der Zunge, allein durch Läufereinstellung (bei Nullstellung des Stabes C 1 genau über D 1). Geübte Rechner können auch ohne Nullstellung arbeiten, wenn sie nur die Skalen C und CI beachten (sich vor allem nicht durch die darunter stehende Skala D verwirren lassen).

Beispiele: 1 : 8 = 0,125; 1 : 2 = 0,5; 1 : 4 = 0,25; 1 : 3 = 0,333.

2. Man kann mit den Skalen D und CI auch **multiplizieren.** Viele Stabrechner wenden diese Methode gern an.
   Beispiel: 0,66 · 20,25 = 13,37.

   Man geht wie bei der Division vor, d. h. stellt zuerst den Läuferstrich über 0,66 auf D, zieht dann 20,25 auf CI unter den Läuferstrich und kann nun das Produkt 13,37 auf D unter C 1 ablesen.

3. So einfach sind **Produkte mit mehreren Faktoren** zu lösen:
   Beispiel: 0,66 · 20,25 · 2,38 = 31,8.

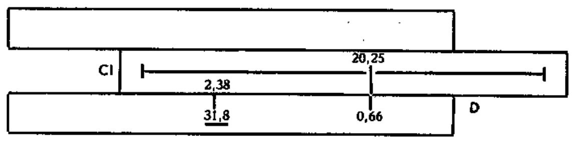


Abb. 8

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

Man multipliziert die beiden ersten Faktoren wie oben und hat mit C 1 über 13,37 (Zwischenergebnis) gleich die Einstellung für eine Multiplikation mit dem nächsten Faktor (nach der zuerst gelernten Methode auf S. 6 unten). Nun wird also der Läuferstrich über C 2,38 geschoben, Ergebnis 31,8 darunter auf D. Jetzt könnte man sofort wieder eine Multiplikation anschließen, indem man den nächsten Faktor auf CI unter den Läuferstrich schiebt und das Ergebnis unter C 1 (bzw. C 10) auf D abliest. Also abwechselnd Multiplikation mit Hilfe von D und CI (Methode s. oben) und anschließend mit Hilfe von C und D (erste Methode s. S. 6).
Liegen die Faktoren ungünstig, kann man den 3. Faktor auf C nicht einstellen. Dann behilft man sich mit dem Durchschieben der Zunge.

4. **Zusammengesetzte Multiplikation und Division**
   kann ebenfalls mit der Skala CI vorteilhaft gerechnet werden. Beispiel: $\frac{36{,}4}{3{,}2 \cdot 4{,}6} = 2{,}47$
   Zuerst Division, also Läuferstrich über D 3-6-4, dann C 3-2 unter den Läuferstrich ziehen (Zwischenergebnis 11,37 unter C 1). Mit C 1 über D 11,37 hat man bereits die erste Einstellung der nun folgenden Multiplikation mit $\frac{1}{4{,}6}$, die mit Hilfe der Teilung CI($\frac{1}{c}$) ausgeführt wird. Also schiebt man jetzt den Läuferstrich über CI 4,6 und findet gleichfalls unter dem Läuferstrich auf D das Ergebnis 2,47.
   Übungsbeispiele: $\frac{44}{4{,}85 \cdot 3{,}66} = 2{,}48$; $\frac{4{,}774}{0{,}63 \cdot 1{,}24} = 6{,}11$; $\frac{23{,}1}{2{,}73 \cdot 17{,}9} = 0{,}473$

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

Weitere Verwendungsmöglichkeiten findet die CI-Skala bei den trigonometrischen und Exponential-Rechnungen.

Die feste Skala DI

Sie ist unterteilt wie Skala D, verläuft aber entgegengesetzt und ist deshalb rot eingefärbt.

1. In Zusammenarbeit mit D ergibt DI den reziproken Wert. Es wird mit dem Läuferstrich eingestellt und abgelesen. Hier hat man den Vorteil, daß beide Skalen tabellenmäßig **fest** gegenüberliegen, dies gilt auch für C und CI.

2. Wie mit CI (s. oben) kann man auch mit Hilfe von DI multiplizieren. (Ergebnis über D 1 oder D 10).
   Beispiel: 6,43 · 2,96 = 19,03 Läuferstrich über DI 6-4-3, zweiten Faktor 2-9-6 auf C unter Läuferstrich, über D 1 das Ergebnis 19,03 ablesen.

$\boxed{\frac{1}{a \cdot b}}$

3. Vor allem ist die Skala DI vorteilhaft bei der Funktion $\frac{1}{a \cdot b}$
   Beispiel: $\frac{1}{0{,}284 \cdot 0{,}12}$. Zuerst Multiplikation auf C und D, also C 1 über D 2-8-4, Läuferstrich über C 1-2; darunter auf D steht das Zwischenergebnis (0,03408); gleichfalls unter dem Läuferstrich auf D findet man auf DI das Ergebnis 29,34.

Beachte auch die Verwendung von DI bei trigonometrischen Rechnungen.

Rechnen mit den Quadratskalen A und B

Multiplikation und Division können auch auf den Skalen A und B durchgeführt werden, was bei zusammengesetzten Aufgaben zeitweise nützlich ist. Dabei ist allerdings die Ablesegenauigkeit etwas geringer.

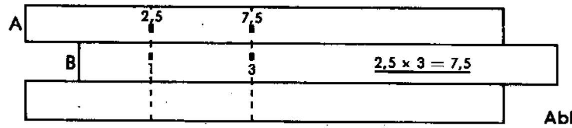


Abb. 9

Beispiel: $2{,}5 \cdot 3 = 7{,}5$
Man stellt den Läuferstrich über A 2-5, stellt B 1 unter den Läuferstrich, zieht den Läuferstrich über B 3 und liest darüber auf A das Ergebnis 7-5 ab.

Für die Division stellt man mit Hilfe des Läuferstrichs (zuerst über Zähler auf A) Zähler auf A und Nenner auf B gegenüber und kann über B 1 oder B 10 das Ergebnis ablesen. Dazu muß allerdings wieder der Läuferstrich benutzt werden.

Das **Quadrieren** erfolgt durch Übergang von der C- oder D-Skala auf die B- bzw. A-Skala, wobei vorteilhaft der mittlere Läuferstrich benutzt wird. Man stellt den Läuferstrich über den Wert auf D und liest darüber auf A das Quadrat ab.

Beispiel: Flächenberechnung eines Quadrats, dessen Seite 47 cm beträgt.
$F = 47^2 = 2209\ \text{cm}^2$. Man stellt den Läuferstrich über D 4-7 und findet darüber auf A das Ergebnis 2209. $\boxed{a^2}$
Übungsbeispiele: $1{,}345^2 = 1{,}81$; $4{,}57^2 = 20{,}9$; $0{,}765^2 = 0{,}585$; $67{,}3^2 = 4530$; $9{,}7^2 = 94{,}1$; $10{,}7^2 = 114{,}5$.

Das **Wurzelziehen** erfolgt entgegengesetzt. Man stellt den Läuferstrich über den Radikand auf A und liest auf D die Wurzel ab. Dabei ist es **nicht** gleichgültig, in welchem Bereich von A man den Radikand einstellt. $\boxed{\sqrt{a}}$
Es gilt folgende Faustregel:

Einstellung im linken Bereich 1-10 alle Zahlen mit **ungeradstelliger** Anzahl Stellen vor oder Nullen nach dem Komma.

Einstellung im rechten Bereich 10-100 alle Zahlen mit geradstelliger Anzahl Stellen vor oder Nullen nach dem Komma.

Man kann auch durch Absondern von Potenzen den Radikand in die Intervalle 1-10 bzw. 10-100 verlegen:
Beispiele: $\sqrt{1936}$. Man zerlegt $\sqrt{1936} = \sqrt{100 \cdot 19{,}36} = 10 \cdot \sqrt{19{,}36} = 10 \cdot 4{,}4 = 44$;
$\sqrt{0{,}543} = \sqrt{54{,}3 : 100} = \sqrt{54{,}3} : 10 = 7{,}37 : 10 = 0{,}737$; $\sqrt{0{,}00378} = \sqrt{37{,}8 : 10000} = \sqrt{37{,}8} : 100 = 6{,}15 : 100 = 0{,}0615$;
Übungsbeispiele: $\sqrt{10{,}24} = 3{,}2$; $\sqrt{62} = 7{,}87$; $\sqrt{4{,}56} = 2{,}14$; $\sqrt{7{,}68} = 2{,}77$; $\sqrt{45{,}3} = 6{,}73$; $\sqrt{70{,}8} = 8{,}41$.

Quadrat und Quadratwurzel können mit größerer Ablesegenauigkeit auch mit Hilfe der Wurzelskalen ermittelt werden (siehe Seite 22).

Kubus und Kubikwurzel

Für die Kubenskala K gilt die Beziehung: $\lg x^3 = 3 \lg x$, d. h. sie besitzt 3 Dekaden im Bereich der Grundskalendekade.

Das Kubieren erfolgt durch Übergang von der C- oder D-Skala auf die K-Skala unter Verwendung des Läuferstrichs bei Nullstellung des Stabes (C 1 über D 1). $\boxed{a^3}$

Übungsbeispiele: $1{,}54^3 = 3{,}65$; $2{,}34^3 = 12{,}8$; $4{,}2^3 = 74{,}1$; $6{,}14^3 = 231$; $8{,}82^3 = 686$; $0{,}256^3 = 0{,}0168$; $8{,}98^3 = 724$.

Das Kubikwurzelziehen erfolgt durch Übergang von der K-Skala auf die Skalen C (bei Nullstellung des Stabes) und D, unter Verwendung des Läuferstrichs, wobei zu beachten ist, daß einstellige Zahlen links (im Bereich von 1-10), zweistellige in der Mitte (im Bereich von 10-100) und dreistellige rechts (im Bereich von 100-1000) eingestellt werden müssen. $\boxed{\sqrt[3]{a}}$

Übungsbeispiele: $\sqrt[3]{4{,}66} = 1{,}67$; $\sqrt[3]{29{,}5} = 3{,}09$; $\sqrt[3]{192} = 5{,}77$; $\sqrt[3]{6{,}8} = 1{,}895$; $\sqrt[3]{0{,}645} = 0{,}864$; $\sqrt[3]{1953} = 12{,}5$.

Rechnen mit den Skalen CF, DF, CIF

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

1. Tabellenbildung

Da bei den π-versetzten Skalen CF und DF der Wert 1 etwa in der Mitte liegt, kann man auf ihnen vorteilhaft beim Tabellenbilden weiterrechnen und dadurch ein Durchschieben der Zunge beim Rechnen auf C und D ersparen.
Beispiel: 75 engl. Pfund ergeben 34 kg. — Man stellt **C** 3-4 über **D** 7-5 und hat damit die Umrechnung von engl. Pfund in kg. Allerdings kann man über 50 kg hinaus (**C** 5) nicht mehr ablesen. Hier geht man auf die oberen Skalen CF und DF über und kann weiter mit Hilfe des Läuferstrichs die gewünschten Werte einstellen und ablesen.
Kennt man die jeweilige Parität (z. B. 75 engl. Pfund = 34 kg) nicht, sondern etwa die Beziehung 1 lb = 0,454 kg, so stellt man **CF** 1 unter **DF** 4-5-4 und hat dann auch die Umrechnung von lbs in kg.

2. Multiplikation

$\boxed{a \cdot b}$

Ist beim Multiplizieren auf C und D der 2. Faktor nicht einstellbar, bzw. muß ein Durchschieben der Zunge vorgenommen werden, kann man dies vermeiden, indem man den 2. Faktor auf CF einstellt und das Ergebnis auf DF abliest.
Beispiel: $2{,}91 \cdot 4 = 11{,}64$. — Man schiebt **C** 1 über **D** 2-9-1 und stellt den Läuferstrich über **CF** 4.
Darüber liest man auf **DF** das Ergebnis 11,64 ab.
Übungsbeispiele: $18{,}4 \cdot 7{,}4 = 136{,}2$; $42{,}25 \cdot 3{,}7 = 156{,}3$; $1{,}937 \cdot 6 = 11{,}62$.

3. Multiplikation und Division mit dem Wert π

$\boxed{a \cdot \pi}$

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

Beispiel: $1{,}184\,\pi = 3{,}72$. — Man stellt bei Nullstellung der Zunge (**C** 1 über **D** 1 und **C** 10 über **D** 10) den Läuferstrich über **D** 1-1-8-4 und liest auf **DF** das Ergebnis 3,72 gleichfalls unter dem Läuferstrich ab.

Der umgekehrte Vorgang ergibt eine Division durch π.

Beispiel: $\frac{18{,}65}{\pi} = 5{,}94$. — Man stellt den Läuferstrich über **DF** 1-8-6-5 und liest auf **D** das Ergebnis 5,94 ab.

$\boxed{\frac{a}{\pi}}$

Übungsbeispiele:

Fläche einer Ellipse: $F = a \cdot b \cdot \pi$; $F = 5{,}25 \cdot 2{,}22 \cdot \pi = 36{,}6$.

Man stellt **C** 10 über **D** 5-2-5, schiebt den Läuferstrich über **C** 2-2-2, braucht das Zwischenergebnis 11,65 auf **D** nicht abzulesen, sondern liest 36,6 auf **DF** ab.

Länge eines Kreisbogens: $s = \frac{\alpha\, r\, \pi}{180}$ $s = \frac{26{,}2 \cdot 352 \cdot \pi}{180} = 161$

Man beginnt mit der Division, stellt also **C** 1-8 und **D** 2-6-2 mit Hilfe des Läuferstrichs gegenüber. Das Zwischenergebnis 0,1455 (unter C 1) braucht nicht abgelesen zu werden. Man multipliziert mit 352, indem man den Läuferstrich über **C** 3-5-2 stellt (Zwischenergebnis 51,2 auf D). Die Multiplikation mit π erreicht man wieder durch den Übergang nach oben und Ablesen unter dem Läuferstrich auf DF. Ergebnis 161.

Die Skala CIF arbeitet mit CF und DF genau so zusammen wie CI mit den Skalen C und D.

Beispiele für die Multiplikation mit mehreren Faktoren:

$2{,}23 \cdot 16{,}7 \cdot 1{,}175 \cdot 24{,}2 = 1059$. Lösung: CI-2,23 mit Hilfe des Läuferstrichs über D-16,7; Läuferstrich über CF-1,175 CIF 24,2 unter den Läuferstrich, Ergebnis 1059 auf DF über CF 1 ablesen.

$0{,}53 \cdot 0{,}73 \cdot 39{,}1 \cdot 0{,}732 = 11{,}07$. Lösung: CI-0,53 mit Hilfe des Läuferstrichs über D-0,73; Läuferstrich über CF-39,1; CIF 0,732 unter den Läuferstrich; Ergebnis 11,07 auf DF über CF 1 ablesen.

Rechnen mit der pythagoreischen Skala P

$\boxed{\sqrt{1-x^2}}$

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

Wird auf D der Wert x eingestellt, kann dazu auf P der Wert $y = \sqrt{1-(0{,}1\,x)^2}$ abgelesen werden oder umgekehrt bei Einstellung von y auf P der Wert $x = 10\sqrt{1-y^2}$ auf D.

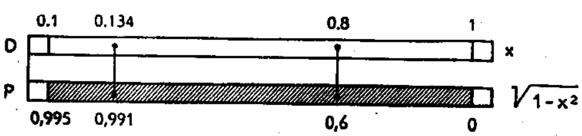


Abb. 10

Beispiel: $y = \sqrt{1-0{,}8^2} = 0{,}6$; $x = 10\sqrt{1-0{,}6^2} = 8$. Stellt man also x = 8 auf D ein, findet man auf P den Wert y = 0,6 und umgekehrt.

Beispiel: $\sin\alpha = 0{,}134$; $\cos\alpha = 0{,}991$

Stellt man auf D den Sinus ein, erhält man auf P den Kosinus und umgekehrt.

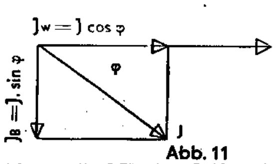


Abb. 11

Beispiel:

Berechne Wirkstrom und Blindstrom eines Stromkreises, der 35 A bei einem Wert $\cos\varphi = 0{,}8$ aufnimmt.

$J_W = J \cdot \cos\varphi = 35 \cdot 0{,}8 = 28$ (A); $J_B = J \cdot \sin\varphi = 35 \cdot 0{,}6 = 21$ (A).

Man stellt C 35 über D 10 und liest bei D 8 (für $\cos\varphi = 0{,}8$) auf C den Wert 28 für J_W ab; unter D 8 findet man gleichzeitig auf P den Wert 0,6 (also $\sin\varphi = 0{,}6$). Schiebt man nun den Läufer auf D 6, so kann man darüber auf C den Wert 21 für J_B ablesen.

Beispiel: Scheinleistung 530 kVA, Wirkleistung 428 kW. Gesucht Blindleistung und $\cos\varphi$.

Man stellt C 530 über D 10, schiebt den Läufer über C 428 und liest darunter auf D den Wert 0,807 für $\cos\varphi$ ab, sucht diesen Wert mit dem Läufer auf P und findet darüber auf C die gesuchte Blindleistung 313 BkW, gleichzeitig findet man unter dem Läuferstrich auf D den $\sin\varphi$ mit 0,59.

Wurzelrechnungen für Radikanden nahe unter 1, 100 usw. lassen sich unter Benutzung der P-Skala mit erhöhter Genauigkeit durchführen. Beispiel: $\sqrt{0{,}925} = \sqrt{1-0{,}075}$. Läufer auf A = 0,075 (vordere Hälfte!); Ergebnis P = 0,9618.

Beispiel: $\sqrt{90} = 10\sqrt{1-0{,}1}$; unter A = 0,1 (also 10!) steht P = 0,9487; Ergebnis $10 \cdot 0{,}9487 = 9{,}487$.

Rechnen mit den trigonometrischen Skalen S, T_1 und T_2

Die trigonometrischen Skalen T_1, T_2 und S sind dezimal unterteilt und ergeben in Verbindung mit den Grundskalen C und D die Winkelfunktionen bzw. bei umgekehrter Ablesung die Winkel.

Bei Benutzung der Skalen T_1, T_2 und S in Verbindung mit den Skalen D, P, CI und DI als trigonometrische Tafeln ist folgendes zu beachten: Die S-Skala mit **schwarzen** Ziffern gelesen, ergibt in Verbindung mit der D-Skala (**schwarz**) eine **Sinustafel**, ebenso in **roten** Ziffern gelesen mit der Skala P (**rot**). Bei kleinen Winkeln ist das erste, bei großen Winkeln das zweite Verfahren genauer.

sin *a*

Die S-Skala mit **roten** Ziffern gelesen, ergibt mit D (**schwarz**) eine **Kosinustafel**, ebenso in **schwarzen** Ziffern gelesen mit P (**rot**). Bei großen Winkeln ist das erste, bei kleinen Winkeln das zweite Verfahren genauer.

cos *a*

Die beiden T-Skalen mit **schwarzen** Ziffern gelesen, ergeben mit der D-Skala (**schwarz**) eine **Tangenstafel** bis 84,28°, ebenso in **roten** Ziffern mit CI und DI (**rot**).

tan *a*

Die beiden T-Skalen mit **roten** Ziffern gelesen, ergeben mit der D-Skala (**schwarz**) eine **Kotangenstafel**, ebenso in **schwarzen** Ziffern mit CI und DI (**rot**).

cot *a*

sin 13° = 0,225	/	S 13° (schwarz) — D 0,225 (schwarz)	
sin 76° = 0,97	/	S 76° (rot) — P 0,97 (rot)	
cos 11° = 0,982	/	S 11° (schwarz) — P 0,982 (rot)	
cos 78° = 0,208	/	S 78° (rot) — D 0,208 (schwarz)	Diese Einstellungen erfolgen bei Nullstellung
tan 32° = 0,625	/	T_1 32° (schwarz) — D 0,625 (schwarz)	des Stabes mit Hilfe des Läuferstrichs.
tan 57° = 1,54	/	T_2 57° (schwarz) — D 1,54 (schwarz)	
cot 18° = 3,08	/	T_2 18° (rot) — D 3,08 (schwarz)	oder T_1 18° (schwarz) — CI oder DI 3,08 (rot)
cot 75° = 0,268	/	T_1 75° (rot) — D 0,268 (schwarz)	oder T_2 75° (schwarz) — CI oder DI 0,268 (rot)

Will man vom Sinus eines Winkels zu seinem Kosinus übergehen (oder umgekehrt), so braucht man den Winkel nicht abzulesen. Auf **D** und **P** stehen diese Wertpaare untereinander. Auch beim Übergang vom Tangens zum Kotangens spart man das Ablesen des Winkels, denn diese Wertpaare stehen auf C und CI bzw. D und DI untereinander. Nur wenn man vom Sinus oder Kosinus zum Tangens oder Kotangens übergehen will, muß man dazwischen den Winkel ablesen. Da man beim Ablesen der Funktionen diese entweder auf D, CI oder DI erhalten kann, kann man in vielen Fällen Multiplikationen und Divisionen sofort anschließen. Nur wenn die Ablesung auf **P** erfolgt, muß man den Wert auf die Hauptskalen übertragen.

Weitere Beispiele für die Anwendung der trigonometrischen und pythagoreischen Teilungen im **rechtwinkligen Dreieck**.

1. Beispiel: Gegeben: a = 2; b = 3; Gesucht: c und α. Formel: $a \cdot \frac{1}{b} = \tan\alpha$; $a \cdot \frac{1}{c} = \sin\alpha$;
   C 1 über D 2, Läufer auf CI 3 und auf tan-Skala 33,7 für α ablesen.
   Läufer auf 33,7 der sin-Skala verschieben und auf CI den Wert 3,6 für c ablesen.

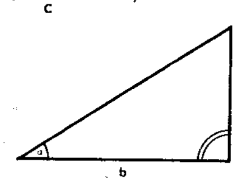


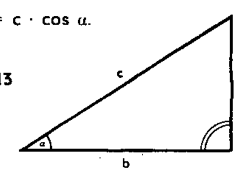
Abb. 12

2. Beispiel: Gegeben: a = 8; b = 20; Gesucht: c und α.
   C 10 über D 8, Läufer auf CI 20 und auf tan-Skala 21,8° für α ablesen.
   Läufer auf 21,8 der sin-Skala stellen und auf CI 21,55 für c ablesen.

3. Beispiel: Gegeben: a = 20; b = 8; Gesucht: c und α.
   C 1 über D 20, Läufer auf CI 8 und auf tan-Skala (T_2) 68,2° für α ablesen.
   Läufer auf 68,2 der sin-Skala stellen und auf CI den Wert 21,55 für c ablesen.

4. Beispiel: Gegeben: c = 5; α = 36,87°; Gesucht: a und b. Formel: $a = c \cdot \sin\alpha$; $b = c \cdot \cos\alpha$.
   C 5 über D 10, Läufer auf 36,87° der sin-Skala und auf C den Wert 3 für a ablesen.
   Gleichzeitig auf P-Skala 0,8 für cos α ablesen und Läufer auf D 8 bringen.
   Auf C-Skala den Wert 4 für b ablesen.

Abb. 13



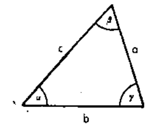
5. Beispiel: Gegeben: c = 21,54; b = 20; Gesucht: a und α.
   Formel: $\frac{c}{\sin\gamma} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{a}{\sin\alpha}$

C 2154 über D 10, unter C 20 steht dann auf der sin-Skala β = 68,2° (braucht nicht abgelesen werden).
α = 90° — β = 21,8° (kann unmittelbar auf der roten Beschriftung der sin-Skala abgelesen werden).
Über S 21,8° (schwarze Beschriftung) steht nach Durchschieben der Zunge (vorher mit Läufer C 1 fixieren!) auf D der Wert a = 8.

Für das **schiefwinkelige Dreieck** gilt die Beziehung $\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}$

Beispiel: Gegeben: a = 38,3; α = 52°; β = 59°; γ = 69°;

Abb. 14



Gesucht: b und c.
C 383 über S 52° stellen. Über S 59° und S 69° kann man auf C die Ergebnisse 41,7 und 45,4 cm ablesen.

Die Skala für kleine Winkel ST und die Marke ϱ auf C, D und W_1' W_1'

Für die **Funktionswerte kleiner Winkel** von 0,55 bis 6° ist auf Stabkörper unten die **ST-Skala** ($\sphericalangle$ arc 0,01 x) mit der Beziehung: $\sin\alpha \approx \tan\alpha \approx \operatorname{arc}\alpha$
Die Skala ST arbeitet mit Skala D (bzw. C) zusammen.
Dem Übergang von Skala ST auf Marke 360 entspricht eine Multiplikation mit 2π.
Alle nachfolgenden Rechnungen in dieser Spalte werden lediglich mit Hilfe des Läuferstrichs durchgeführt.

Man kann die **Funktionswerte kleiner Winkel** auch mit Hilfe der **Marke** $\varrho = \frac{\pi}{180} = 0{,}01745$ gemäß der Beziehung $\operatorname{arc}\alpha = 0{,}01745 \cdot \alpha = \varrho \cdot \alpha$ ermitteln.

Bei Reihenberechnungen Einstellung von C 1 über ϱ auf D und unter dem Winkelwert auf C Ablesung des Ergebnisses auf D.*

Übungsbeispiele:

$\sin 2{,}5^\circ \approx \tan 2{,}5^\circ \approx \operatorname{arc} 2{,}5^\circ = 0{,}0436$; $\sin 0{,}4^\circ \approx \tan 0{,}4^\circ \approx \operatorname{arc} 0{,}4^\circ = 0{,}00698$; $\sin 0{,}0052^\circ \approx \tan 0{,}0052^\circ \approx \operatorname{arc} 0{,}0052^\circ — 0{,}0000908$.

Einstellung der Winkelwerte auf der arc-Teilung ST, Ablesung der Funktionswerte auf Skala C (bei Nullstellung) oder auf D (mit Hilfe des Läuferstrichs).

Beispiel: $\sin 3^\circ \approx \tan 3^\circ \approx \operatorname{arc} 3^\circ = 0{,}0524$.
Man stellt den Zungenanfang C 1 über D 3 und kann unter ϱ auf C das Ergebnis 0,0524 auf D ablesen.*

Für die **Berechnung der Funktionen Kosinus und Kotangens von Winkeln über 84,5°**

Beispiel: $\cos 88^\circ = \sin 2^\circ \approx \operatorname{arc} 2^\circ = 0{,}0349$
$\cot 86{,}5^\circ = \tan 3{,}5^\circ \approx \operatorname{arc} 3{,}5^\circ = 0{,}0612$
Man stellt den Läuferstrich über den Winkelwert auf der Skala ST und liest auf C (bei Nullstellung) oder auf D unter dem Läuferstrich das Ergebnis ab.

Beispiel: $\cos 88^\circ = \sin 2^\circ \approx \operatorname{arc} 2^\circ \approx \varrho \cdot 2 = 0{,}0349$
$\cot 86{,}5^\circ = \tan 3{,}5^\circ \approx \operatorname{arc} 3{,}5^\circ \approx \varrho \cdot 3{,}5 = 0{,}0612$
Dies ist eine einfache Multiplikation, also Zungenanfang C 1 über ϱ auf D, dann Läuferstrich über zweiten Faktor auf C und darunter auf D das Ergebnis ablesen.*

Für die **Umrechnung von Bogenmaß in Winkelgrade**

Übungsbeispiele: 6,28 = 360°; 1,11 = 63,6°; 0,04 = 2,29°; 0,007 = 0,401°; 0,64° = 36,7; 0,32 = 18,33°.

Einstellung des Bogenmaßes auf C- oder D-Skala, Ablesung des Winkelwertes auf der arc-Skala ST. (mit Hilfe des Läuferstrichs).

C 1 oder C 10 über Marke ϱ auf D, dann Läuferstrich über Bogenmaß auf D. Ablesen der Winkelgrade darüber auf C.*

* Größere Genauigkeit erzielt man beim Arbeiten mit der ϱ-Marke auf W_1 und W_1'.

Das Rechnen mit komplexen Zahlen

Zwei komplexe Größen $\mathfrak{x} = 7{,}5\, e^{\frac{i\pi}{8}}$ und $\mathfrak{y} = 3{,}4\, e^{\frac{i\pi}{10}}$ sollen **addiert** werden. Man bringt sie gemäß der Eulergleichung $R \cdot e^{i\varphi} = R(\cos\varphi + i\sin\varphi)$ auf die Form $(a + ib)$.
Für das Stabrechnen schreibt man diese Größen vorteilhaft in Vektorenschreibweise $\mathfrak{x} = 7{,}5\,/\underline{22{,}5^\circ}$ und $\mathfrak{y} = 3{,}4\,/\underline{18^\circ}$, und kann nun rechnen:

1. C 75 über D 10 stellen, Läufer auf S 22,5° bringen und auf C für b_1 den Wert 2,87 ablesen. Gleichzeitig auf der P-Skala $\cos\varphi = 0{,}924$ ablesen. Läufer auf D 924 verschieben und auf C den Wert 6,93 für a_1 ablesen.
   $(a_1 + ib_1) = 6{,}93 + i\,2{,}87$.
2. C 34 über D 1 stellen, Läufer auf S 18° schieben und auf C den Wert 1,05 für b_2 ablesen. Gleichzeitig auf P den Wert $\cos\varphi = 0{,}951$ ablesen. Läufer auf D 951 (rote Überteilung) verschieben und auf C den Wert 3,24 für a_2 ablesen.
   $(a_2 + ib_2) = 3{,}24 + i\,1{,}05$
   $a_1 + a_2 = 6{,}93 + 3{,}24 = \mathbf{10{,}17}$ und $i(b_1 + b_2) = i(2{,}87 + 1{,}05) = \mathbf{i\,3{,}92}$.
   Also ist das Ergebnis: $\mathfrak{z} = (10{,}17 + i\,3{,}92)$
   Soll das Ergebnis in Vektorenschreibweise erscheinen, so rechnet man:
   C 10 über D 392, Läufer auf CI 1017 und darüber auf T_1 (Tangensskala) den Wert 21,07° für φ ablesen. Anschließend Läufer auf 21,07 der Sinusskala S und darüber auf CI den Wert 10,92 für $\mathfrak{z}$ ablesen.
   Somit ist $\mathfrak{z} = (10{,}17 + i\,3{,}92) = 10{,}92\,/\underline{21{,}07^\circ}$
   und mit $\varrho \cdot \varphi = \widehat{\varphi}$, $(\widehat{\varphi} = 0{,}368)$, erhalten wir $\mathfrak{z} = 10{,}92\,/\underline{21{,}07^\circ} = 10{,}92\, e^{i\,0{,}368}$

   Beispiel für die Anwendung der T_2-Skala: $\mathfrak{z} = 192 - i\,256$.

   Man stellt C 10 über D 256 und bringt den Läufer auf CI 192. Auf T_2 erhält man den Winkelwert 53,1°. Nun stellt man C 1 über D 256, schiebt den Läufer über S 53,1° und kann darüber auf CI das Ergebnis 320 ablesen. $\mathfrak{z} = 320\,/\,{-53{,}1^\circ}$

Da sich die Zahl im IV. Quadranten befindet, muß der Winkelwert negativ sein.
Die **Multiplikation** komplexer Zahlen erfolgt gemäß der Beziehung

$$\mathfrak{x} \cdot \mathfrak{y} = X \cdot e^{i\varphi} \cdot Y \cdot e^{i\psi} = XY \cdot e^{i(\varphi+\psi)} = XY/\underline{\varphi+\psi}$$

Beispiel: $(1 + 2i) \cdot (3 + 1i) = 2{,}236 \cdot e^{i \cdot 1{,}107} \cdot 3{,}162 \cdot e^{i \cdot 0{,}322} = 2{,}236/\underline{63{,}45^\circ} \cdot 3{,}162/\underline{18{,}43^\circ} = 7{,}07/\underline{61{,}9^\circ} = 7{,}07 \cdot e^{i \cdot 1{,}43}$

Das Rechnen mit den Wurzelskalen $W_1 W_1' W_2 W_2'$

Diese Skalen bringen den Vorteil, daß auf dem gebräuchlichen und handlichen Normalmodell mit erhöhter Genauigkeit gerechnet werden kann. Sie finden vor allem für die Hauptrechnungen ihre Anwendung.

Das Arbeiten mit den Wurzelskalen weicht zum Teil von dem bisher gewohnten Schema etwas ab, ist aber nach einer Grundregel und mit kurzer Übung zu erlernen. Es ist darauf zu achten, daß die Wurzelskalen in der **50 cm-Skalenlänge** unterteilt sind.

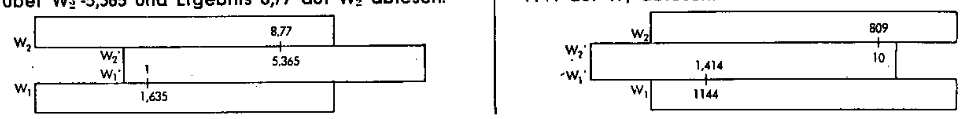
Multiplikation

I. **Bei Einstellung der schwarzen Index-1 (bzw. Index-10) wird das Produkt an der dem 2. Faktor anliegenden Stabkörperskala abgelesen.**

II. **Bei Einstellung mit rotem Indexstrich wird das Produkt an der dem 2. Faktor gegenüberliegenden Stabkörperskala abgelesen.** (Das entspricht dem Durchschieben der Zunge, wie es beim Arbeiten mit C und D erforderlich ist, wenn der 2. Faktor nicht mehr auf C eingestellt werden kann, siehe Seite 7.)

Beispiele zu I: 1,635 · 5,365 = 8,77.
Lösung: Schwarze Index-1 (W_1'-1) über W_1-1,635; Läuferstrich über W_2'-5,365 und Ergebnis 8,77 auf W_2 ablesen.

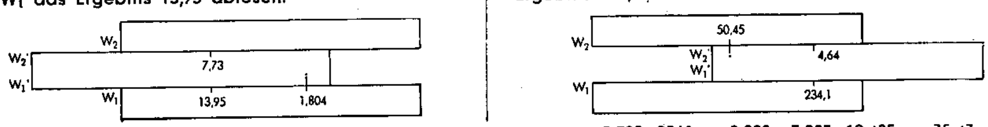
809 · 1,414 = 1144. Lösung: Schwarze Index-10 (W_2'-10) unter W_2-809; Läuferstrich über W_1'-1,414 und Ergebnis 1144 auf W_1 ablesen.



Übungsbeispiele: 236 · 4,06 = 958; 2,34 · 0,409 = 0,957 Abb. 15 7,77 · 66,3 = 515; 5,165 · 0,2265 = 1,1699

Beispiele zu II: 1,804 · 7,73 = 13,95. Lösung: Roten Indexstrich über W_1-1,804; Läuferstrich über W_2'-7,73 und gleichfalls unter dem Läuferstrich auf der gegenüberliegenden Skala W_1 das Ergebnis 13,95 ablesen.

50,45 · 4,64 = 234,1. Lösung: Roten Indexstrich unter W_2-50,45; Läuferstrich über W_2'-4,64 und gleichfalls unter dem Läuferstrich auf der gegenüberliegenden Skala W_1 das Ergebnis 234,1 ablesen.



Übungsbeispiele: 14,78 · 0,945 = 13,97; 29,4 · 123,6 = 3634 Abb. 16 0,395 · 0562 0,222; 3,885 · 19,425 75,47

Division

I. **Bei Einstellung der Zahlen auf aneinanderliegenden Skalen wird der Quotient bei der schwarzen Index-1 (bzw. -10) abgelesen.**

II. **Bei Einstellung der Zahlen auf gegenüberliegenden Skalen wird der Quotient am roten Indexstrich abgelesen.**

Beispiele zu I: 3,08 : 2,135 1,443. Lösung: Mit Hilfe des Läuferstrichs W_1-3,08 und W_1'-2,135 gegenüberstellen und unter schwarzer Index-1 das Ergebnis 1,443 auf W_1 ablesen.

42,3 : 71,7 = 0,590. Lösung: Mit Hilfe des Läuferstrichs W_2-42,3 und W_2'-71,7 gegenüberstellen und über schwarzer Index-10 das Ergebnis 0,590 auf W_2 ablesen.

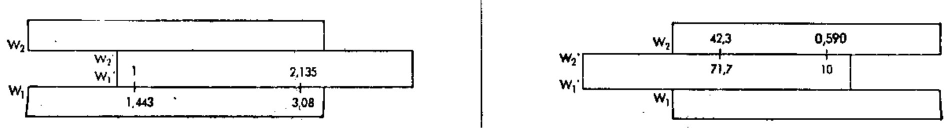


Abb. 17

Übungsbeispiele: 2,975 : 18,65 = 0,1595; 2,075 : 148,25 = 0,014; 48,65 : 79,05 = 0,6155; 5,55 : 0,962 = 8,02

Beispiele zu II: 3,745 : 1,5675 = 2,388. Lösung: Läuferstrich über W_2-3,745; W_1'-1,5675 unter Läuferstrich ziehen; Ergebnis 2,388 unter rotem Indexstrich auf W_1 ablesen.

23,77 : 65,67 = 0,362. Lösung: Läuferstrich über W_1-23,77; W_2'-65,67 unter Läuferstrich ziehen; Ergebnis 0,362 über rotem Indexstrich auf W_2 ablesen.

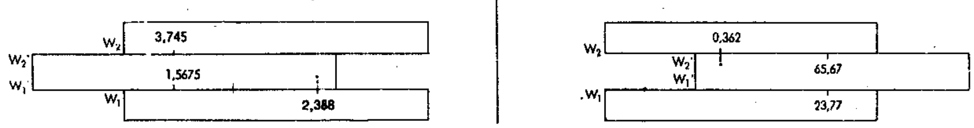


Abb. 18

Übungsbeispiele: 689,5 : 2,505 = 275,2; 432,5 : 1,845 = 234,4; 1,965 : 44,45 = 0,0442; 8,37 : 1,1575 = 7,23

Die Exponentialskalen LL_0 LL_1 LL_2 LL_3 für positive Exponenten LL_{00} LL_{01} LL_{02} LL_{03} für negative Exponenten

Der Novo-Duplex-Rechenstab besitzt auf der Stabrückseite zwei vierstufige Skalengruppen für die Exponentialfunktionen, die auf die Grundskalen C und D bezogen sind. Die Skalen für positive Exponenten (schwarz) reichen von 1,0009 bis 100000 und die für negative Exponenten (rot) von 0,00001 bis 0,9991. Die e^{-x}-Skalen sind Reziprokskalen zu den e^x-Skalen. Zu beachten ist hierbei, daß die an den Exponentialskalen angeschriebenen Zahlenwerte **im Stellenwert unveränderbar** sind; es bedeutet somit beispielsweise der Wert 1,04 stets 1,04 und nicht etwa auch 10,4 oder 104 usw. (Rechnung mit Skala LL_0 siehe Seite 25).

Die Exponentialskalen ergeben beim Übergang von einer inneren zur nächsten äußeren Skala **zehnte Potenzen**, z. B.:

$\boxed{a^{10} \; a^{100}}$

$0{,}955^{10} = 0{,}631;\ 0{,}631^{10} = 0{,}01;\ 0{,}924^{10} = 0{,}454;\ 0{,}454^{10} = 3{,}7 \cdot 10^{-4} = 0{,}00037$
$1{,}04715^{10} = 1{,}585;\ 1{,}585^{10} = 100;\ 1{,}08^{10} = 2{,}16;\ 2{,}16^{10} = 2{,}2 \cdot 10^3 = 2200$

Beim Übergang zur übernächsten Skala ergibt **hundertste Potenzen**, z. B.:
$0{,}955^{100} = 0{,}01;\ 1{,}04715^{100} = 100;\ 0{,}924^{100} = 0{,}00037;\ 1{,}08^{100} = 2200$

Beim Übergang von außen nach innen erhält man die entsprechenden **Wurzeln**, z. B.:

$\boxed{\sqrt[10]{a}\ ;\ \sqrt[100]{a}}$

$\sqrt[10]{0{,}25} = 0{,}8705;\ \sqrt[10]{0{,}8705} = 0{,}98623;\ \sqrt[100]{0{,}25} = 0{,}98623;\ \sqrt[10]{0{,}00007} = \sqrt[10]{7 \cdot 10^{-5}} = 0{,}384;\ \sqrt[10]{0{,}384} = 0{,}9087;\ \sqrt[100]{0{,}00007} = 0{,}9087;$
$\sqrt[10]{4} = 1{,}1487;\ \sqrt[10]{1{,}1487} = 1{,}01396;\ \sqrt[100]{4} = 1{,}01396;$
$\sqrt[10]{15000} = \sqrt[10]{1{,}5 \cdot 10^4} = 2{,}616;\ \sqrt[10]{2{,}616} = 1{,}1009;\ \sqrt[100]{15000} = 1{,}1009$

Beachte: Bei 100 der LL_3-Skala steht auf LL_{03} der Wert $\frac{1}{100} = 0{,}01$
Bei 1,25 der LL_2-Skala steht auf LL_{02} der Wert $\frac{1}{1{,}25} = 0{,}8$ — da $e^{-x} = \frac{1}{e^x}$

Exponentialskala für $e^{0,001x}$ LL_0

Wegen $e^{0,001x} \approx 1 + 0{,}001x$ ist die Skala LL_0 in die Skala D eingearbeitet. Die Werte $e^{0,001x}$ erhält man, indem man die vor den Ziffern der Skala D stehenden Kursivziffern mitliest. Beispiel: $e^{0,002} = 1{,}002$ (Ablesung bei D 2). Bis zum Wert $e^{0,003} = 1{,}003$ beträgt die Abweichung nur 0,000 005. Ab $e^{0,004}$ wird die Korrektur dadurch vorgenommen, daß man die hinter den Ziffern der Skala D stehenden Kursivziffern mitliest. Beispiel: $e^{0,006} = 1{,}006\,02$ (Ablesung bei D 6). Bei den Zwischenwerten kann interpoliert werden. Beispiel: $e^{0,0075}$ 1,007525.

Die natürlichen Logarithmen

$\boxed{\ln a}$

Die natürlichen Logarithmen findet man durch Einstellen des Numerus mit dem langen Läuferstrich auf den LL-Skalen und Ablesen der Mantisse, gleichfalls unter dem Läuferstrich auf D oder (bei Nullstellung) auf C. Für die Stellenzahlbereiche gilt sinngemäß das oben Gesagte.
Beispiel: $\ln 25 = 3{,}22;\ \ln 145 = 4{,}97;\ \ln 1{,}3 = 0{,}262;\ \ln 0{,}04 = -3{,}22;\ \ln 0{,}66 = -0{,}416;\ \ln 0{,}98 = -0{,}0202.$

Potenzen von e

$\boxed{e^n}$

Die Potenzen von e (Basis des natürlichen Logarithmus $e = 2{,}71828\ldots$) erhält man, indem der Exponent mit dem Läuferstrich auf Skala D oder (bei Nullstellung) Skala C eingestellt wird. Die e-Potenz wird dann auf der LL-Skala abgelesen. Hierbei gilt für die D-Skala und die C-Skala der Bereich 1-10 bei LL_3, der Bereich 0,1-1 bei LL_2 und der Bereich 0,01-0,1 bei LL_1. Der Bereich 0,001-0,01 ist direkt auf Skala D (Rückseite) interpolierbar. Siehe dazu oben unter Skala LL_0.
Beispiel: $e^{1,61} = 5$; Läuferstrich über D 161, Ergebnis ablesen auf LL_3 5.
In gleicher Weise kann man (bei Nullstellung) statt auf D auch auf C einstellen.
Weitere Beispiele: $e^{0,161} = 1{,}175;\ e^{0,0161} = 1{,}01622;\ e^{6,22} = 500;\ e^{0,622} = 1{,}862;\ e^{0,0622} = 1{,}0642.$
Ist der Potenzexponent negativ, verwendet man die negativen Exponentialskalen LL_{03}, LL_{02}, LL_{01}, LL_0.
Beispiel: $e^{-1,61} = 0{,}2$; Läuferstrich über D 161, Ergebnis 0,2 ablesen auf LL_{03}.
In gleicher Weise kann man (bei Nullstellung) statt auf D auch auf C einstellen.
Weitere Beispiele: $e^{-0,161} = 0{,}8512;\ e^{-0,0161} = 0{,}984;\ e^{-6,22} = 0{,}002;\ e^{-0,622} = 0{,}537;\ e^{-0,0622} = 0{,}9397.$
$e^{12,5} = e^{10 + 2,5} = e^{10} \cdot e^{2,5} = 22000 \cdot 12{,}2 = 268\,400$

Bei der Bildung der **Hyperbelfunktionen** wird das Argument x auf der D-Skala mit dem Läufer fixiert.
Auf den e^x- und e^{-x}-Skalen können dann die e-Potenzen abgelesen werden. Die halbe Summe (bzw. Differenz) gibt dann den cosh (bzw. sinh) an. Z. B.:

sinh x
cosh x

$$\cosh 35^0 = \cosh 0{,}611 = \frac{e^x + e^{-x}}{2} = \frac{1{,}842 + 0{,}5432}{2} = 1{,}1926$$

$$\sinh 35^0 = \sinh 0{,}611 = \frac{e^x - e^{-x}}{2} = \frac{1{,}842 - 0{,}5432}{2} = 0{,}6494$$

Wurzeln aus e

$\sqrt[n]{e}$

Man schreibt die Wurzel als Potenz mit reziprokem Exponenten und verfährt wie oben erwähnt (unter Potenzen von e).

Beispiele: $\sqrt[4]{e} = e^{0,25} = 1{,}284$; $\sqrt[0,25]{e} = e^4 = 54{,}6$; $\sqrt[8]{e} = e^{0,125} = 1{,}133$; $\sqrt[0,125]{e} = e^8 = 2980$
$\sqrt[12,5]{e} = e^{0,08} = 1{,}0834$; $\sqrt[0,06]{e} = e^{16,66} = e^{8,33} \cdot e^{8,33} = 4146 \cdot 4146 = 17\,189\,000$

Potenzen beliebiger Zahlen

a^n

Potenzen der Form a^n erhält man, indem C-1 über den Basiswert a der entsprechenden LL-Skala gebracht wird und der Läufer dann auf C-n verschoben wird. Auf LL kann man dann a^n ablesen; z. B.:

$3{,}75^{2,96} = 50$; Läuferstrich über LL_3-3,75, C 1 unter Läuferstrich; dann Läuferstrich über C 2,96 und auf LL_3 Ergebnis 50 ablesen.

Andere Beispiele:

$4{,}2^{2,16} = 22{,}2$; $4{,}2^{0,216} = 1{,}364$; $4{,}2^{0,0216} = 1{,}0315$
$4{,}2^{-2,16} = 0{,}045$; $4{,}2^{-0,216} = 0{,}7335$; $4{,}2^{-0,0216} = 0{,}9695$

mit Hilfe der LL_{03}-Skala:

$0{,}05^{2,16} = 0{,}00155$
$0{,}05^{0,216} = 0{,}524$; $0{,}05^{0,0216} = 0{,}9374$
$0{,}05^{-2,16} = \frac{1}{0{,}05^{2,16}} = 646$ (abzulesen auf der LL_3-Skala)
$0{,}05^{-0,216} = \frac{1}{0{,}05^{0,216}} = 1{,}91$ (abzulesen auf der LL_2-Skala)

Bezüglich der Stellenwerte gilt sinngemäß das auf S. 24 oben Gesagte.

Wurzeln beliebiger Zahlen

$\sqrt[n]{a}$

Mit Hilfe des Läuferstrichs stellt man den Wurzelexponenten auf C über den Radikand auf LL (zuerst Radikand aufsuchen und Läuferstrich darüber!) und liest unter C 1 oder C 10 mit Hilfe des Läuferstrichs das Ergebnis ab.

$\sqrt[4,4]{23} = 2{,}04$; Läuferstrich über LL_3-23, C 4,4 unter Läuferstrich; dann Läuferstrich über C 10 und darunter auf LL_2 Ergebnis 2,04 ablesen.

Beispiele: $\sqrt[2,08]{1{,}068} = 1{,}03215$ (über LL_1-1,068 C-2,08 einstellen; ablesen auf LL_1)
$\sqrt[0,6]{15{,}2} = 93{,}5$ (über LL_3-15,2 C-0,6 einstellen; ablesen auf LL_3)
$\sqrt[20]{4{,}41} = 1{,}077$ (über LL_3-4,41 C-20 einstellen; ablesen auf LL_1)
$\sqrt[5]{0{,}5} = 0{,}8705$ (über LL_{02}-0,5 C-5 einstellen; ablesen auf LL_{02})
$\sqrt[50]{0{,}5} = 0{,}98623$ (über LL_{02}-0,5 C-50 einstellen; ablesen auf LL_{01})

Weitere Beispiele: $\sqrt[5]{2} = 1{,}149$; $\sqrt[5]{20} = 1{,}82$
$\sqrt[0,06]{2{,}42} = 2{,}42^{16,667} = 2{,}42^{6,667} \cdot 2{,}42^{10} = 361{,}5 \cdot 69000 = 2\,494\,350$

Die dekadischen Logarithmen

lg a

Man stellt den Läuferstrich über LL_3-10 und zieht C 1 der mittleren Zungenskala unter den Läuferstrich. Jetzt hat man eine Tabelle der dekadischen Logarithmen. Man kann auch die Einstellung C 10 über LL_3-10 wählen.
Mit Hilfe des Läufers kann nun eingestellt und abgelesen werden.

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

mit Hilfe der LL_{03}-Skala:

lg 0,1 = -1; lg 0,01 = -2; lg 0,001 = -3.
lg 0,2 = -0,699 = 0,301-1; lg 0,05 = -1,301 = 0,699-2.

Herstellung logarithmischer Leitern beliebigen Maßstabs:

Es soll z. B. für ein Diagramm eine Skala von 12 cm Länge logarithmisch von 1 bis 20 unterteilt werden.
Ansatz: 12 cm entspricht ln 20 oder 12 cm = k ln 20   k = Maßstabskonstante
Man stellt C 12 über LL_3 20 (darüber steht auf D ln 20 = 3,0 und über D 10 auf C die Maßstabskonstante 4).
Für die Abstände der einzelnen Teilpunkte 2; 3; 4;... 20 vom Anfang der Skala findet man über den entsprechenden Werten der LL-Skalen auf C die Werte 2,778; 4,40; 5,55;... 12 (cm). Die zunächst auf C nicht ablesbaren Teilpunkte (im Beispiel von 3 bis 7,5) werden anschließend nach Durchschieben der Zunge ermittelt.

Logarithmen mit beliebiger Basis

$^{n}\log a$

Man stellt C 1 oder C 10 über die Basis auf der LL-Skala und erhält eine Tabelle der entsprechenden Logarithmen; z. B.: $^{2}\log 200 = 7{,}64$; $^{2}\log 22 = 4{,}46$; stelle C-10 über LL_2-2; lies bei LL_3-200 auf C den Wert 7,64 und bei LL_3-22 auf C den Wert 4,46 ab (alles mit Hilfe des Läuferstrichs).

Weitere Beispiele:
$^{2}\log 1{,}2 = 0{,}263$; $^{0,2}\log 10 = -1{,}431$; $^{0,8}\log 2 = -3{,}11$; $^{5}\log 25 = 2$; $^{0,5}\log 25 = -4{,}64$;
Beachte: $^{a}\log a = 1$; z. B.: $^{2}\log 2 = 1$; $^{2}\log 4 = 2$; $^{2}\log 8 = 3$
$^{0,5}\log 0{,}5 = 1$; $^{0,5}\log 4 = -2$; $^{0,5}\log 8 = -3$
$^{0,5}\log 0{,}25 = 2$; $^{0,5}\log 0{,}125 = 3$

Ermittlung des Zweierlogarithmus

ld a

Der Zweierlogarithmus (logarithmus dualis $^{2}\log x = y$) kann sehr schnell mit Hilfe der beiden Randstriche der Läufer-Rückseite ermittelt werden.
Beispiel: ld 32 = 5; man stellt den linken (unterbrochenen) Randstrich der Läufer-Rückseite über 32 auf Skala LL_3 und liest unter dem rechten Randstrich auf D den Wert 5 ab.
Weitere Beispiele: ld 2 = 1; ld 8,59 = 3,1; ld 1,071775 = 0,1.

Bedeutung der Skalen-Marken

Der Wert $\pi = 3{,}14159$ ist auf den Skalen A, B, C, D, CI, DI, CF, DF, CIF, W_1, W_1', W_2, W_2' gesondert markiert. Dadurch ist das Auffinden und Einstellen von π wesentlich erleichtert.
Marke $\varrho = 0{,}01745$ auf den Skalen C, D (nur Vorderseite), CF, DF, W_1 und W_1' (siehe Seite 18).
Marke $M = \frac{100}{\pi} = 31{,}8310$ auf den Skalen A und B.
Marke $\frac{100\,\pi}{4} = 78{,}5398$ auf den Skalen A und B.
Marke $e = 2{,}71828$ = Basis der natürlichen Logarithmen auf den Skalen LL_2 und LL_3.
Marke $\frac{1}{e} = 0{,}36788$. Reziprokwert zu e auf den Skalen LL_{02} und LL_{03}.
Marke $C = \sqrt{\frac{4}{\pi}} = 1{,}1284$ auf den Skalen C und D (Vorderseite) sowie W_1 und W_1' (Rückseite).
Marke $C_1 = \sqrt{\frac{40}{\pi}} = 3{,}5683$ auf den Skalen C und D (Vorderseite) sowie W_2 und W_2' (Rückseite).
Bei den Marken C und C_1 arbeiten jeweils zusammen:
Die Skalen C und D mit den Skalen A und B; die Wurzelskalen mit den Skalen C und D.
Diese Marken werden für Kreisflächenrechnungen benutzt gemäß der Formel $q = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = d^2 : (\frac{4}{\pi}) = (d : \sqrt{\frac{4}{\pi}})$. Siehe dazu auch Seite 30.
Ablesung des Querschnittes mit Marke C über B 1 oder B 100 auf Skala A bzw. unter C 1 auf Skala D.
Ablesung des Querschnittes mit Marke C_1 über B 10 auf Skala A bzw. unter C 10 auf Skala D.
Auf der **ST-Skala für kleine Winkel** sind sog. **Korrekturmarken** im Bereich von 4°-6° angebracht, die die richtigen Funktionswerte für Sinus und Tangens angeben.
Beispiel: $\tan 4^\circ \approx \sin 4^\circ = 0{,}0697$.
Für das **genaue** Ablesen des Tangens 4° wird die Korrekturmarke **rechts** neben dem Teilstrich 4° benutzt. Man liest den Wert 0,0699 ab.
Für die Korrekturmarken des Tangens gilt also:
Tangens **größer** als arc., daher Korrekturmarke **rechts** vom Teilstrich!
Beispiel: $\tan 5^\circ = 0{,}0875$
Liegt der Winkel zwischen den mit Korrekturmarken versehenen vollen Graden, so muß man das Korrektur-Intervall entsprechend übertragen:
Beispiele: $\tan 4{,}2^\circ = 0{,}0734$; $\tan 5{,}33^\circ = 0{,}0934$
Ist der Funktionswert gegeben und der Winkel gesucht, wird das Korrektur-Intervall nach **links** berücksichtigt.
Für den Sinus ist die Korrekturmarke **links** vom Teilstrich 6° angebracht. Sie gilt für den Bereich von 5°—6°.
Es wird damit wie oben, nur entgegengesetzt gearbeitet.

Der Läufer

Der Doppelschalenläufer trägt auf Vorder- und Rückseite den mittleren, langen Hauptstrich zum Einstellen und Ablesen bei laufenden Rechnungen, außerdem am rechten und linken Rand die unterbrochenen Randstriche zum Ablesen von Werten auf den Überteilungen, die vom Hauptstrich nicht mehr erreicht werden. Die Anwendungsmöglichkeiten der restlichen Markenstriche:

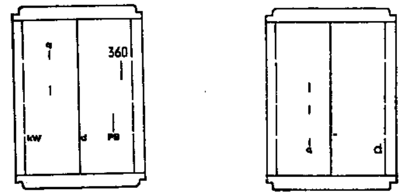


Abb. 20

Kreisflächenrechnung auf Stab-Vorderseite (d, q)

Man stellt den mittleren, langen Läuferstrich (d) auf den Durchmesser auf Skala D oder C ein und kann unter den beiden linken, oberen, kurzen Läuferstrichen (q) auf Skala A oder B den entsprechenden Querschnitt ablesen. Hilfsweise läßt sich diese Rechnung auch mit den Marken PS (für d) und d (für q) ausführen.

Kreisflächenrechnung auf Stab-Rückseite (d, q)

Man stellt die rechten unterbrochenen Randstriche (d) auf den Durchmesser auf den Skalen W_1 oder W_2 ein und kann den entsprechenden Querschnitt unter einem der 3 links vom Hauptstrich liegenden kurzen Läuferstriche (q) auf C und D ablesen.

Beispiele: d = 4,8 cm; q = 18,1 cm². d = 3,2 cm; q = 8,04 cm².

Um Berechnungen der Volumen von Zylindern zu erleichtern, überdecken die q-Striche auch die CI-Skala.

Die **Umrechnung von PS in kW** und umgekehrt ist mit Hilfe der mit PS und kW gekennzeichneten Läuferstriche auf den Skalen C und D möglich. Beispiele: 28 PS = 20,6 kW; 4,5 kW = 6,12 PS.

Für **direkte Rechnung mit dem Faktor 3,6** dient die obere, rechte Strichmarke 360 auf der Läufervorderseite.

Beispiele: 150 km/h = 41,6 m/sek (Marke 360 auf DF 150 ergibt unter dem Hauptstrich auf D 41,6).
Die Zinsen von 2420,— DM zu 3,75% in 95 Tagen sind zu ermitteln (Marke 360 auf DF 2420; CI 3,75 unter Hauptstrich, über CF 95 die Zinsen DM 23,94 auf DF ablesen).

Behandlung des Novo-Duplex-Rechenstabes

Sie sind aus Spezialkunststoff gefertigt. Dieser ist hochelastisch und daher bei sachgemäßer Behandlung bruchsicher. Er ist klimabeständig, unempfindlich gegen Feuchtigkeit, nicht entflammbar, beständig gegen die meisten Chemikalien. Man soll Kunststoff-Rechenstäbe aber nicht mit ätzenden Flüssigkeiten oder starken Lösungsmitteln (auch Plastik-Radiergummi greifen diesen Kunststoff an!) in Verbindung bringen, die, wenn nicht den Werkstoff selbst, doch zumindest die Farbe der Teilstriche angreifen können. Bei Bedarf kann die Schieberzügigkeit durch reine Vaseline oder Silikonöl beeinflußt werden.

Zur Reinigung empfehlen wir die Spezialmittel CASTELL Nr. 211 (flüssig) oder Nr. 212 (Reinigungspaste).