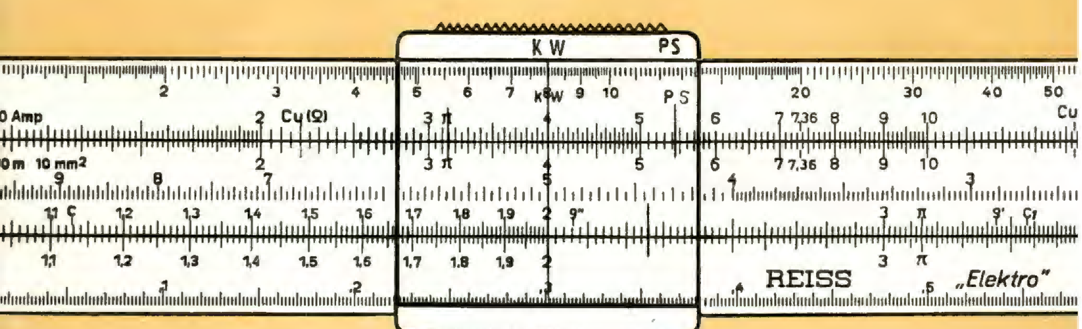
Gebrauchsanleitung für den Rechenstab

REISS

Elektro



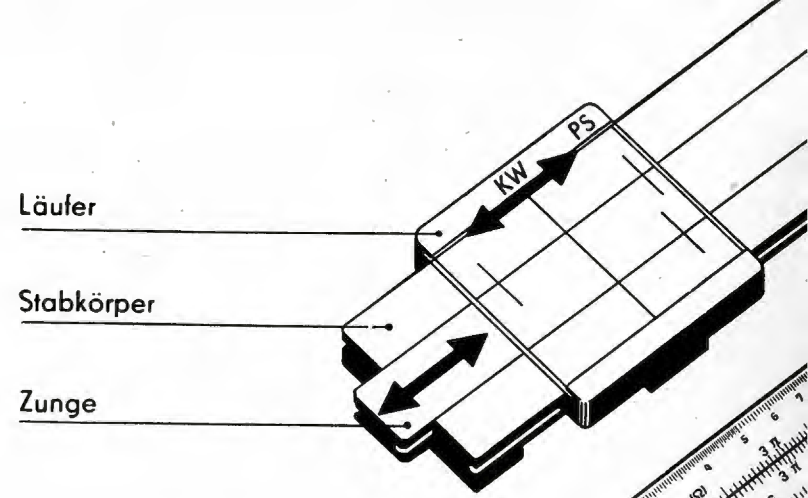


Bild 1

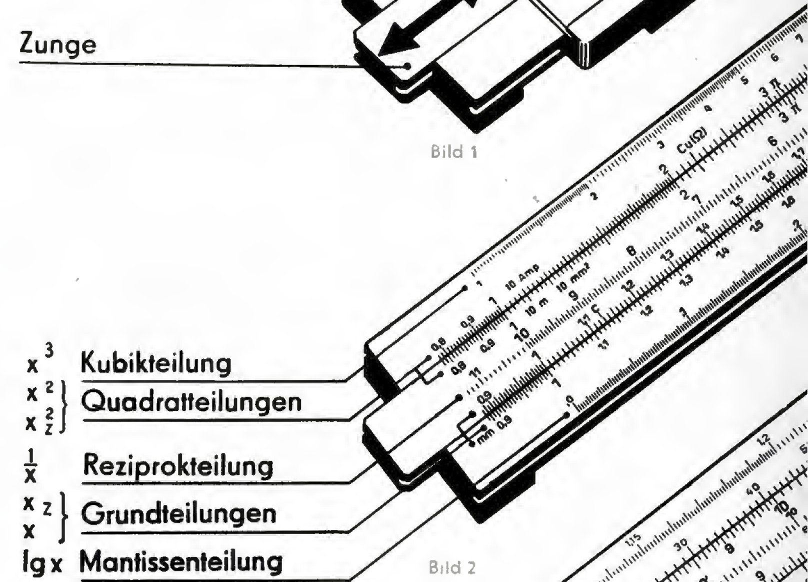


Bild 2

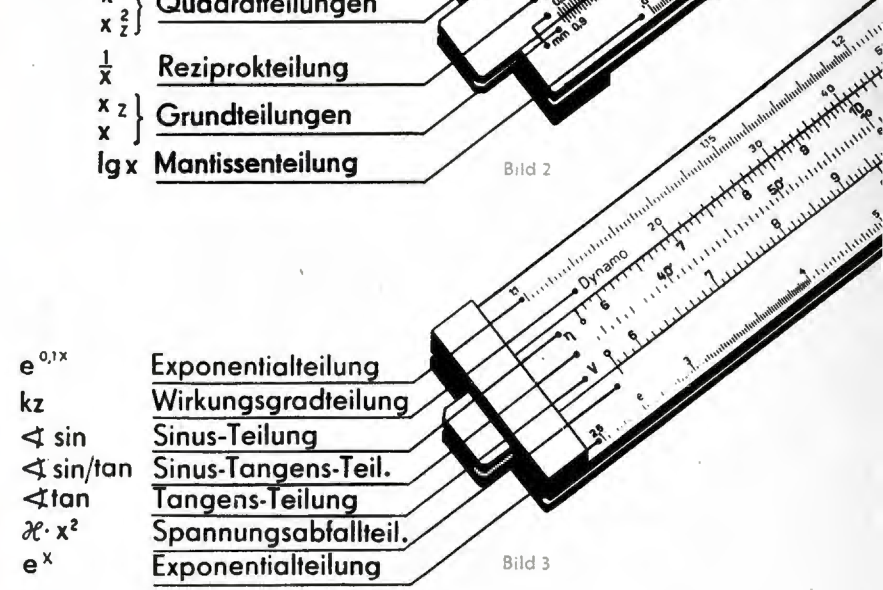


Bild 3

Der Zweck des Elektro-Rechenstabes

ist das Vereinfachen der Rechenarbeit des Elektro-Fachmannes. Man kann damit multiplizieren, dividieren, potenzieren, radizieren sowie logarithmische, trigonometrische und elektrotechnische Rechnungen ausführen.

Für die in der Praxis der Elektrotechnik häufig vorkommenden Rechnungen sind Sonderskalen und -marken vorhanden, die das Rechnen wesentlich erleichtern und die Rechenzeit verkürzen.

Der Elektro-Rechenstab bietet gegenüber dem Rechenstab System „Rietz" hinsichtlich der Ausführung logarithmischer Rechnungen die Möglichkeit, Aufgaben zu lösen, die über die allgemeine Rechen-Praxis hinausreichen.

Der Aufbau des Rechenstabes (siehe Bilder 1, 2 und 3)

Die drei Bauteile sind der Stabkörper, die verschiebbare Zunge und der ebenso verschiebbare Läufer. Die Skalen auf der Vorder- und Rückseite des Rechenstabes stehen in gegenseitiger Beziehung zueinander und sind Ausgangs-, Vermittlungs- oder Endpunkt für die verschiedenen Rechnungsarten.

Auf der Vorderseite des Rechenstabes sind die Teilungen nach dem System „Rietz" aufgetragen. Auf der Rückseite befinden sich die trigonometrischen Teilungen, die Exponentialteilungen sowie die zur Durchführung elektrotechnischer Rechnungen notwendigen Skalen. In den einzelnen Abschnitten wird näher auf die Bedeutung der Teilungen und auf deren Beziehungen zueinander eingegangen.

Wichtig bei der Handhabung des Rechenstabes

Es muß darauf geachtet werden, daß es für den Rechenstab zunächst keine Stellenzahl und auch kein Komma gibt. Die Zahl 1 kann unter Umständen 10; 100; 1000; 10 000; ··· 0,1; 0,01; 0,001; ··· bedeuten, wie die eingravierten Zahlen 1000; 100; 10 als 1 bewertet werden können. Das gilt für sämtliche Zahlen auf den Skalen x^3; x^2; x_z^2; $\frac{1}{x}$; x_z und x.

Auf dem Rechenstab wird lediglich die Ziffernfolge abgelesen.

Die Stellenzahl des Ergebnisses kann bei jeder Rechnung durch eine Überschlagsrechnung ermittelt werden.

Die Skalenunterteilung verkleinert sich infolge des logarithmischen Charakters auf den bereits vorher genannten 6 Skalen jeweils von der 1 an. Das Intervall 1 bis 10 auf den Grundteilungen x, x_z sowie auf der Reziprokteilung $\frac{1}{x}$ erstreckt sich über die ganze Stablänge. Auf der gleichen Länge sind dagegen die Quadratteilungen x^2 und x_z^2 in 2 Intervalle und die Kubikteilung x^3 in 3 Intervalle unterteilt. Die Ablesegenauigkeit ist deshalb auf den Grundteilungen x_z und x größer als auf den Quadratteilungen oder auf der Kubikteilung.

Bei der Einstellung bzw. Ablesung muß man auf den Wert der Teilstriche achten, da die Teilstrichabstände bei den Skalen x^3; x^2; x_z^2; x_z und x nach rechts, bei der Skale $\frac{1}{x}$ nach links immer kleiner werden.

Auf den Grundteilungen x und x_z und der Reziprokteilung $\frac{1}{x}$ zeigt der Abstand zweier Teilstriche zwischen 1 und 2 $^1/_{100}$ an. Zwischen 2 und 4 entspricht der Abstand $^2/_{100}$, zwischen 4 und 10 hingegen $^5/_{100}$. Demzufolge bedeutet der nach der 1 folgende Teilstrich die Ziffernfolge 1—0—1, der nach der 2 folgende Teilstrich 2—0—2 und der nach der 4 folgende Teilstrich 4—0—5.

Auf den Quadratteilungen x^2 und x_z^2, der Kubikteilung x^3 sowie den anderen auf dem Rechenstab befindlichen Skalen ist der Wert der Teilstriche anders als auf den Grundteilungen. So bedeutet z. B. der nach der 5 folgende Teilstrich auf den Skalen x^2, x_z^2 und x^3 die Ziffernfolge 5—1.

Im Bild 4 wird an 4 Beispielen das richtige Ablesen gezeigt. Durch Übung wird man bald in der Lage sein, auch die Werte zwischen zwei benachbarten Strichen zu schätzen.

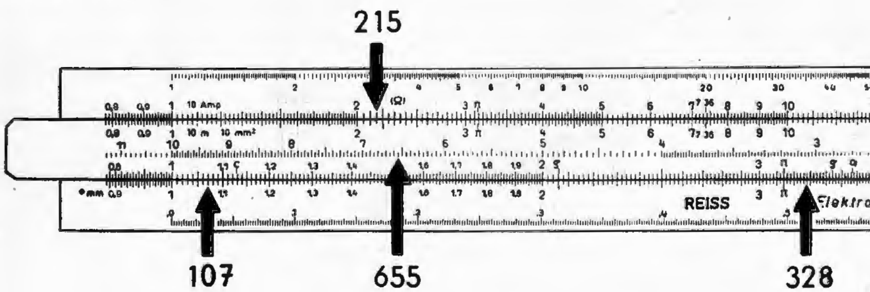


Bild 4

Die Multiplikation

Die Multiplikation wird grundsätzlich auf den Grundteilungen x und x_z vorgenommen. Wie schon im vorhergehenden Abschnitt gesagt, ist die Unterteilung der Grundteilung größer als die der quadratischen Teilung und damit auch die Ablesegenauigkeit besser.

Grundsätzliches Rechenschema (siehe Bild 5)

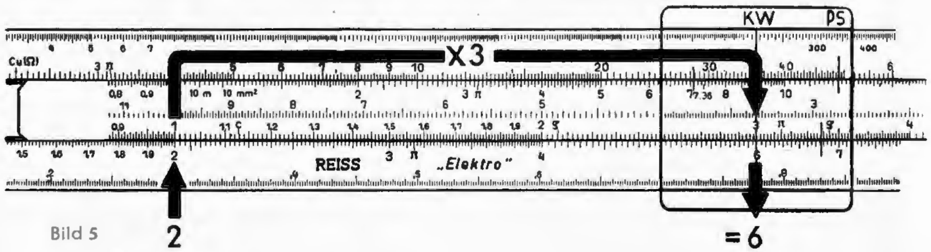


Bild 5

2	·	3	=	6
1. Faktor	·	2. Faktor	=	Produkt

1. „1" der Skale x_z über den 1. Faktor (z. B. 2) auf Skale x stellen.
2. Läuferstrich auf 2. Faktor (z. B. 3) der Skale x_z stellen.
3. Produkt unter dem 2. Faktor auf Skale x ablesen (im Beispiel = 6).

Kann das Produkt nicht mehr abgelesen werden, dann muß die „10" über den 1. Faktor auf Skale x gestellt und dann nach links fahrend weiter gerechnet werden.

Beispiel: 7 · 8 = 56 (siehe Bild 6)

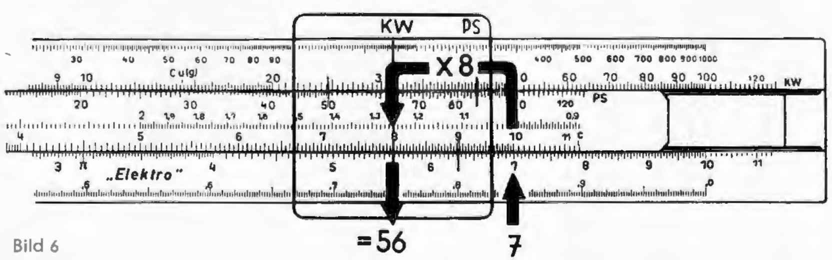


Bild 6

Richtige Bestimmung des Stellenwertes durch Überschlagsrechnung

Beispiel: 0,6375 · 143,5 (siehe Bild 7)

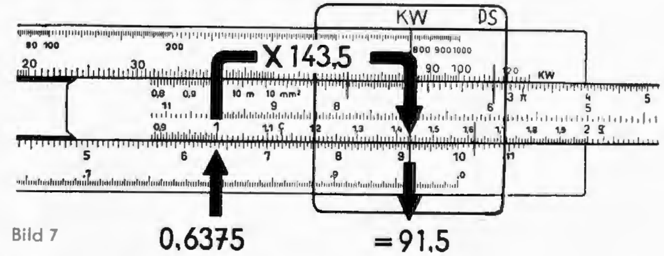


Bild 7

Es wird die Ziffernfolge 9—1—5 abgelesen
Überschlag: 0,5 · 150 = 75
Das Ergebnis lautet dann: 91,5.

Merke: Die Überschlagsrechnung soll möglichst immer einfache Zahlen liefern; auch müssen bei der Überschlagsrechnung mit mehreren Faktoren **Ab**rundungen und **Auf**rundungen abwechseln, um einen Ausgleich zu schaffen.

Mehrere Multiplikationen nacheinander

Das Produkt der ersten Multiplikation wird zum 1. Faktor der zweiten, und es wird in der üblichen Weise weitergerechnet, wobei das Zwischenergebnis nicht abgelesen zu werden braucht. Dagegen muß der Läufer jedesmal auf das Zwischenergebnis gestellt werden.

Beispiel: An der Primärseite eines Umspanners liegt eine Spannung von 220 V bei einem Strom von 6 A. Der Wirkungsgrad betrage η = 95%. Wie groß ist die abgegebene Leistung?

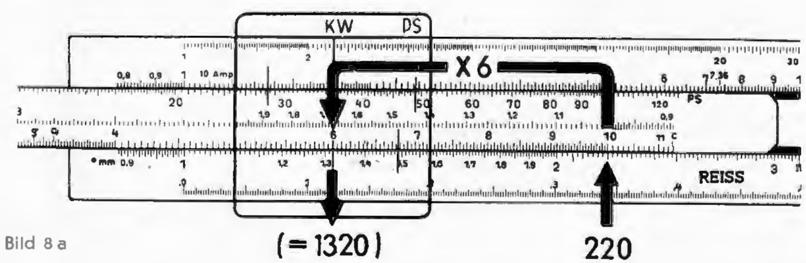


Bild 8 a

$N = U \cdot I \cdot \eta = 220 \cdot 6 \cdot 0{,}95 = 1254$ W (letzte Stelle geschätzt) (siehe Bilder 8 a und b).

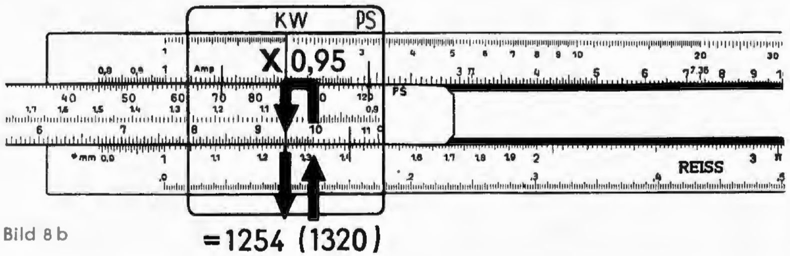


Bild 8 b

Die roten Skalenverlängerungen

Bei Rechnungen, deren Resultat nahe bei „1" oder „10" — aber außerhalb der Teilung — liegt, kann das Durchschieben der Zunge erspart werden, wenn man auf den „Überteilungen" abliest oder einstellt.

Beispiel: Wie groß ist der Spannungabfall an einem Widerstand von 49,5 Ω, durch den ein Strom von 2,08 A fließt?

$U = R \cdot I = 49{,}5 \cdot 2{,}08 = 103$ V (siehe Bild 9).

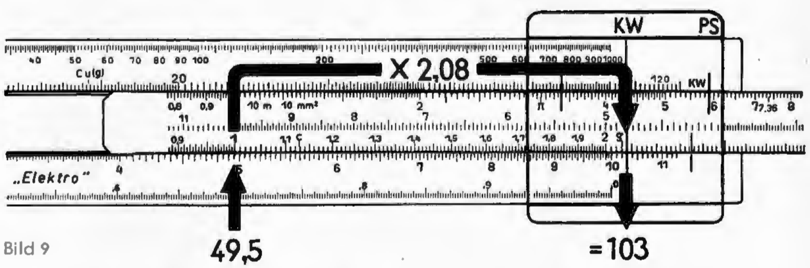


Bild 9

Multiplikationen mit den Skalen x^2 und x_z^2

Jede Multiplikation kann in besonderen Fällen auch mit den Skalen x^2 und x_z^2 ausgeführt werden, beispielsweise beim Quadratwurzelziehen aus einem Produkt.

Beispiel: $\sqrt{4 \cdot 9} = 6$

Man stellt zunächst die „1" von x_z^2 unter „4" der Skale x^2 und liest über der „9" von x_z^2 auf x^2 den Wert „36" ab. Die Wurzel aus „36" wird auf der Skale x mit „6" abgelesen (Bilder 10 a und b).

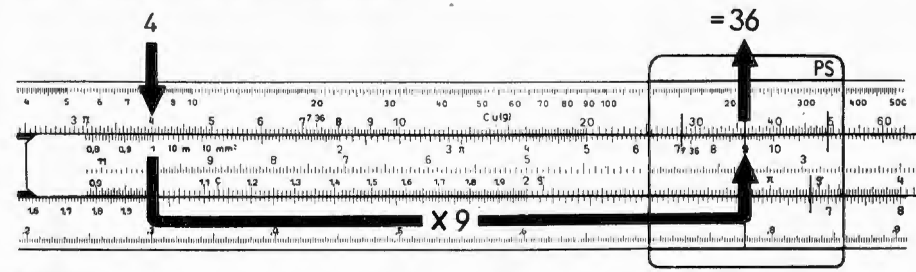


Bild 10 a

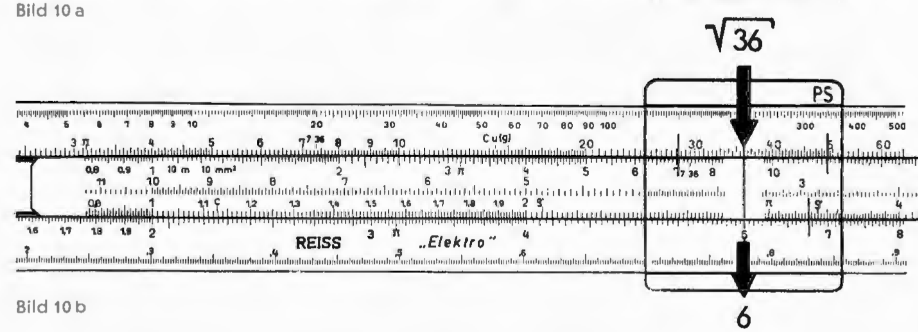


Bild 10 b

Die Division

Die Division ist die Umkehrung der Multiplikation. Demzufolge wird auch die Einstellung in entgegengesetzter Reihenfolge vorgenommen.

Grundsätzliches Rechenschema (siehe Bild 11)

21	:	7	=	3
Dividend	:	Divisor	=	Quotient

1. Läuferstrich über Dividenden (z. B. 2—1) auf Skale x stellen.
2. Divisor (z. B. **7**) auf der Skale x_z über 2—1 von x bringen.
3. Läuferstrich auf „10" der Skale x_z stellen und darunter auf Skale x den Quotienten „3" ablesen.

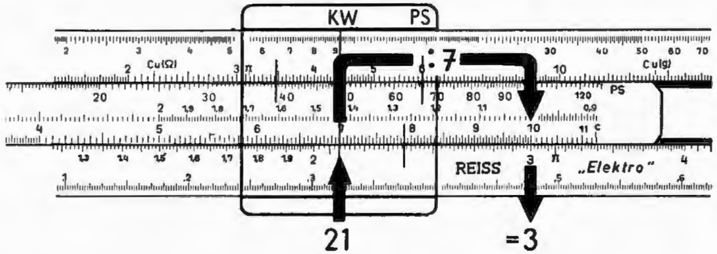


Bild 11

Wie bei der Multiplikation, wo je nach der Art der Ziffernfolge die 1 oder die 10 der Skale x zur Einstellung benutzt wird, ist dementsprechend auch bei der Division das Ergebnis entweder unter der 1 oder der 10 der Zungenskale abzulesen, je nachdem, welche Zungenseite hineingezogen wurde.

Beispiel: 9 : 1,5 = 6 (siehe Bild 12).

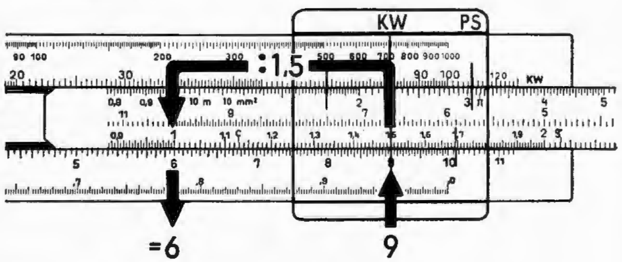


Bild 12

Bestimmung des Stellenwertes durch Überschlagsrechnung

Beispiel: 129,5 : 6,6 (siehe Bild 13)
Ablesung: 1—9—6
Überschlag: 140 : 7 = 20
Das Ergebnis lautet dann: 19,6.

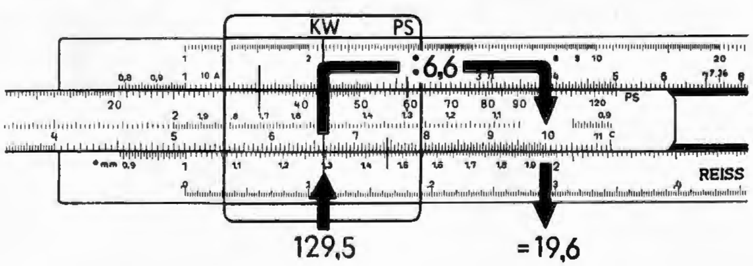


Bild 13

Division mit den Skalen x^2 und x_z^2

Jede Division könnte auch mit den Skalen x^2 und x_z^2 durchgeführt werden, allerdings mit der gleichen Ungenauigkeit wie beim Multiplizieren auf den Skalen x^2 und x_z^2.

Beispiel: 0,255 : 3 = 0,085 (siehe Bild 14)
Die Ablesung kann sowohl über der 1 der Skale x_z^2 auf der Überteilung der Skale x^2, als auch über der 10 der gleichen Skale erfolgen.

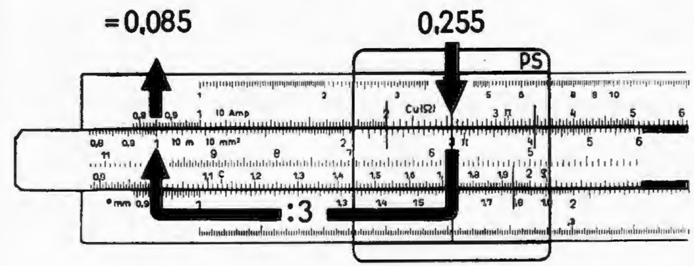


Bild 14

Vereinigte Multiplikation und Division

Hierbei kommt besonders die Überlegenheit des Rechenstabes im einfachen und schnellen Rechnen gegenüber dem Kopfrechnen zum Ausdruck. Bei dem gewählten Beispiel (Bilder 15 a bis d) ist an drei Rechnungsfolgen der grundsätzliche Weg gezeigt. Die eingeklammerten Zwischenergebnisse interessieren im Rechnungsverlauf nicht, sondern sollen im Beispiel nur den Weg demonstrieren.

Beispiel: Auf einer Anschlußleitung zu einem 640 m vom Elektrizitätswerk entfernt gelegenen Betrieb, der einen Strom von I = 15 A benötigt, soll die 220 V betragende Speisespannung um höchstens 4% abfallen. Wie groß ist der Leitungsquerschnitt für Kupferleiter mindestens zu wählen?

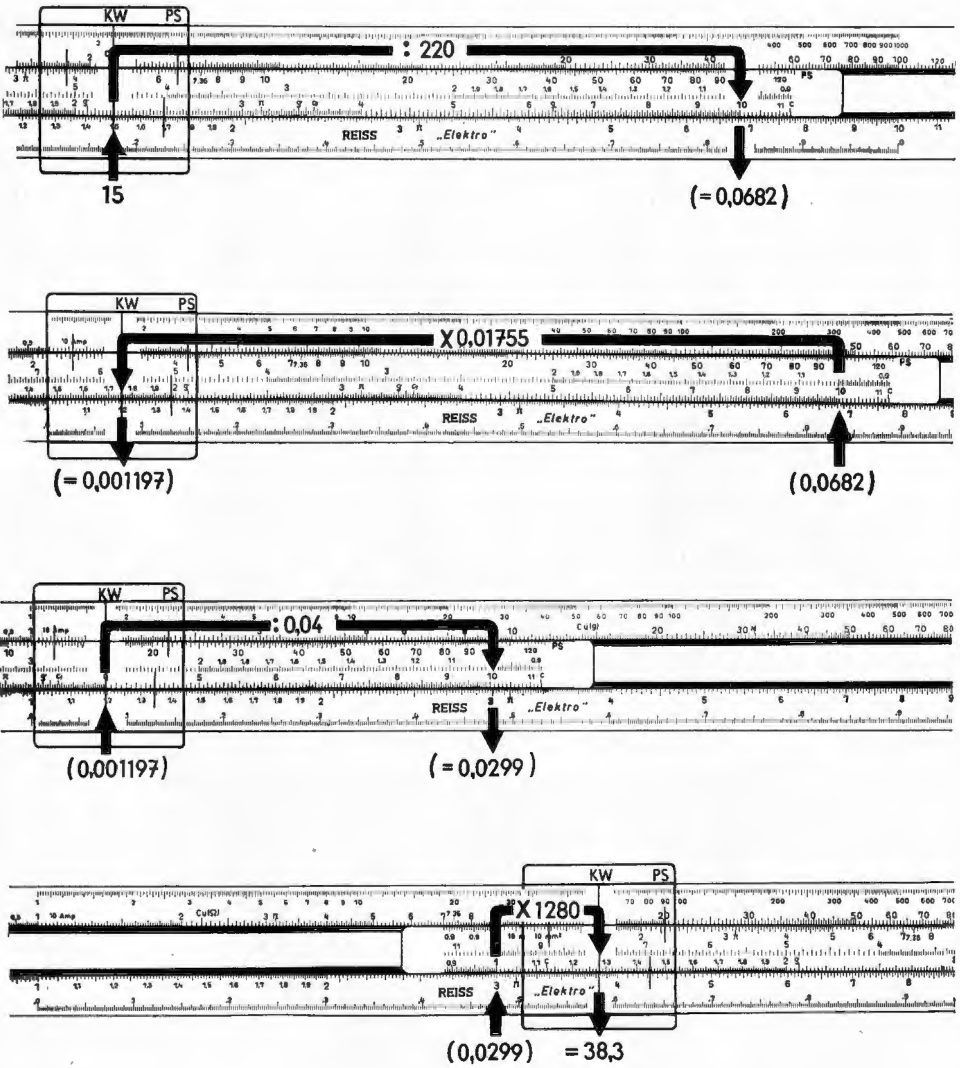
(Spezifischer Widerstand für Kupfer bei 20° C

$\varrho_{Cu} = 0{,}01755 \, \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$)

Erläuterung: Die Gesamtleitungslänge beträgt 2 · 640 m = 1280 m (siehe auch unter Spannungsabfallteilung)

$q = \frac{I \cdot \varrho \cdot l}{U}$; U = 220 · 0,04 (= 4% von 220 V)

$$q = \frac{15 \cdot 0{,}01755 \cdot 1280}{220 \cdot 0{,}04}$$



Bilder 15 a bis 15 d

Rechnungsgang (siehe Bilder 15 a bis d)

1. Läuferstrich über 1 — 5 der Skale x stellen.
2. „2 — 2" der Skale x_z unter den Läuferstrich stellen (s. Bild 15 a).
3. Läuferstrich auf 1 — 7 — 5 — 5 der Skale x_z stellen (s. Bild 15 b).
4. „4" der Skale x_z unter den Läuferstrich bringen (s. Bild 15 c).
5. Läuferstrich auf „10" der Zunge stellen und „1" der Zunge unter den Läuferstrich bringen (Zunge nach rechts durchschieben).
6. Läuferstrich auf „1 — 2 — 8" der Zunge stellen.
7. Unter dem Läuferstrich auf Skale x 3 — 8 — 3 ablesen (s. Bild 15 d).

Die Stellenzahl des Ergebnisses wird durch eine Überschlagsrechnung bestimmt.

$$\frac{15 \cdot 0{,}01755 \cdot 1280}{220 \cdot 0{,}04} \quad \left\{ \begin{array}{l} 15 \cdot 0{,}02 = 0{,}3 \\ 0{,}3 \cdot 1000 = 300 \\ 300 : 200 = 1{,}5 \\ 1{,}5 : 0{,}05 = 30 \end{array} \right.$$

Der notwendige Leistungsquerschnitt beträgt 38,3 mm².

Die Verhältnisrechnung

Werte für ein beliebiges konstantes Zahlenverhältnis lassen sich sehr einfach mit Hilfe des Rechenstabes ermitteln.

Der Trennungsstrich zwischen der Grundteilung auf der Zunge und der Grundteilung auf dem Stabkörper veranschaulicht gewissermaßen den Bruchstrich, wobei alle Zahlen über dem Bruchstrich auf der Skale x_z und alle Zahlen unter dem Bruchstrich auf der Skale x durch Verschieben des Läufers eingestellt werden.

Beispiel: In einem Stromkreis liegt ein Widerstand von 500 Ω, durch den bei einer Spannung von 110 V ein Strom von 0,22 A fließt. Welche Ströme treten in dem Stromkreis bei einer Spannung von 160 V, 220 V, 380 V auf, wenn die Änderung des Widerstandes durch Erwärmung vernachlässigt wird?

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110}{0{,}22} = \text{konstant}$$

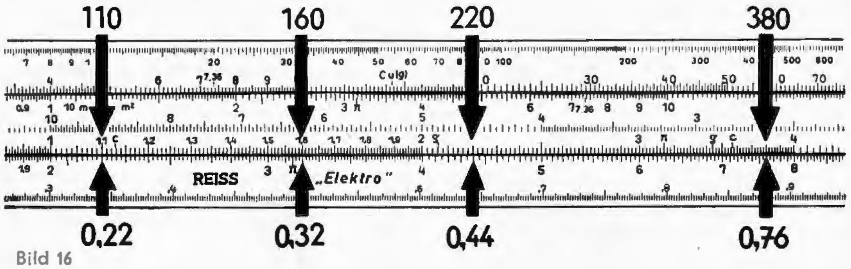


Bild 16

Rechnungsgang (siehe Bild 16)

1. Zunge verschieben, bis 1 — 1 auf der Skale x_z über der 2 — 2 auf der Skale x steht.
2. Zu jeder Zahl im Zähler kann direkt darunter der dazugehörige Nenner abgelesen werden. Umgekehrt kann man auch zu jeder Zahl im Nenner darüber den Zähler bestimmen.

   Bei der im Beispiel gewählten Einstellung verhält sich Zähler zu Nenner wie 110 zu 0,22.

   Es ist also:

$$\frac{110}{0{,}22} = \frac{160}{0{,}32} = \frac{220}{0{,}44} = \frac{380}{0{,}76} = \text{usw.}$$

d. h. bei einer Spannung von 160 V fließt durch den gewählten Widerstand ein Strom von 0,32 A; bei 220 V 0,44 A; bei 380 V 0,76 A.

Gelangt man bei steigenden Zählerwerten auf Skale x_z über die „10" der Skale x hinaus, so muß die Zunge durchgeschoben werden. Auf Skale x_z nimmt dann „10" die bisherige Stellung von „1" ein.

Das Potenzieren und Radizieren mit den Exponenten 2 und 3

Die Grundteilung x und die Quadratteilung x^2 sowie die Grundteilung x und die Kubikteilung x^3 stehen in Beziehung zueinander, wodurch die unter A — D beschriebenen Rechnungsarten ermöglicht werden.

A. Quadrat

Quadrieren heißt eine Zahl mit sich selbst multiplizieren. Die Zunge wird hierbei nicht verschoben.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Läuferstrich mit der zu quadrierenden Zahl auf Skale x zur Deckung bringen (z. B. 1 — 5).
2. Quadrat auf der Skale x^2 ablesen (im Beispiel 2 — 2 — 5).

Beispiel: $1{,}5^2 = 2{,}25$ (siehe Bild 17).

Die Stellenzahl ist auch hier durch eine Überschlagsrechnung zu ermitteln.

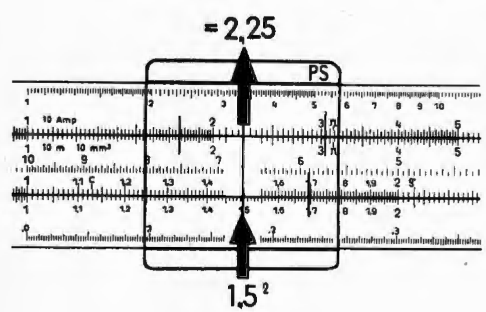


Bild 17

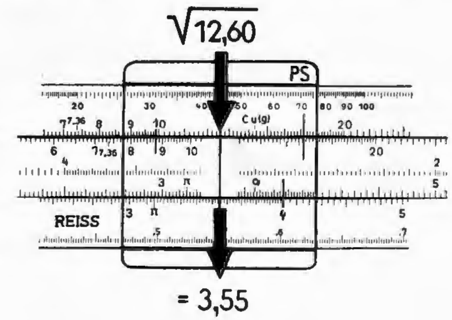


Bild 18

B. Quadratwurzel

Das Quadratwurzelziehen ist die Umkehrung des Quadrierens. Folglich ist die Einstellung auch umgekehrt.

Beispiel: $\sqrt{12{,}60} = 3{,}55$ (siehe Bild 18).

Es taucht hierbei die Frage auf, welches der beiden Skalenintervalle der Teilung x^2 zur Einstellung verwendet wird. Soweit man sich nicht des Überschlagsrechnens bedienen will, kann folgende Regel angewendet werden: Der Radikand wird durch senkrechte kleine Striche, vom Komma beginnend, nach rechts und nach links (bei ganzen Zahlen nur nach links) in Gruppen von je **zwei** Stellen eingeteilt

z. B. $\sqrt{3'47'00}$; $\sqrt{2'30{,}47'1}$.

Jeder Gruppe entspricht eine Stelle der Wurzel oder die Wurzel muß so viel Stellen besitzen wie der Radikand (die Zahl, aus der die Wurzel zu ziehen ist) Gruppen aufweist. Es ist dabei gleichgültig, ob die erste Gruppe zwei oder eine Stelle enthält. Gruppen, die nur aus einer Ziffer bestehen, die also nur in ihrer rechten Hälfte eine Ziffer aufweisen, nennt man rechtsbesetzte Gruppen (z. B. $\sqrt{9'00}$). Die anderen Gruppen bezeichnet man als linksbesetzt (z. B. $\sqrt{90'00}$). Bei Zahlen kleiner als 1, also 0, . . . , ist die erste nicht leere Gruppe hinter dem Komma gemeint, wobei man unter leerer Gruppe diejenige Gruppe versteht, die nur Nullen als Ziffern aufweist.

Rechnungsgang

1. Radikand in Gruppen von je zwei Ziffern einteilen.
2. Linksbesetzte Gruppen rechts, rechtsbesetzte Gruppen links einstellen.
3. Die Ablesung der Ziffernfolge erfolgt senkrecht darunter auf der Skale x.

Beispiele:

$\sqrt{62'41}$	$= 79$	Ergebnis hat zwei Stellen, da zwei Gruppen. 1. Gruppe linksbesetzt, deshalb Einstellung auf dem rechten Skalenintervall.
$\sqrt{3,24}$	$= 1,8$	Ergebnis hat eine Stelle. 1. Gruppe rechtsbesetzt, deshalb Einstellung auf dem linken Skalenintervall.
$\sqrt{0,00'00'01'44}$	$= 0,0012$	Hinter dem Komma folgen zwei leere Gruppen. Jeder leeren Gruppe entspricht eine Null des Wurzelwertes. Die erste nicht leere Gruppe hinter dem Komma ist rechtsbesetzt, deshalb Einstellung auf dem linken Skalenintervall.

C. Kubus (Dritte Potenz)

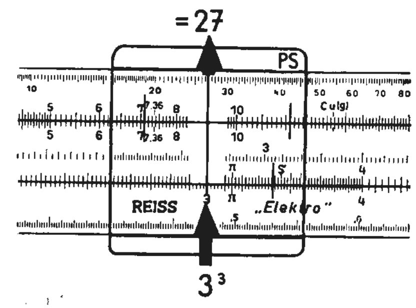
Eine Zahl in die dritte Potenz erheben, heißt, sie dreimal mit sich selbst multiplizieren. Die Zunge wird hierbei nicht verschoben.

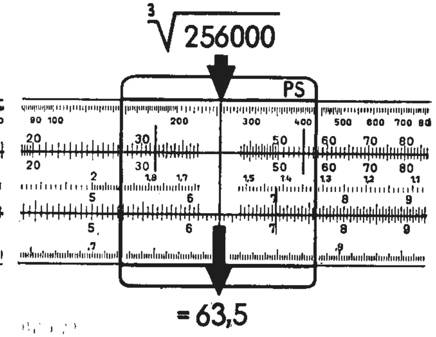
Grundsätzliches Rechenschema

1. Läuferstrich mit der zu potenzierenden Zahl auf Skale x zur Deckung bringen (z. B. 3).

2. Kubus auf Skale x^3 ablesen (im Beispiel = 27).

Beispiel: $3^3 = 27$ (siehe Bild 19).





D. Kubikwurzel

Das Kubikwurzelziehen ist die Umkehrung des Potenzierens mit dem Exponenten 3. Wie auch bei der Quadratwurzel ist hier die Einstellung in umgekehrter Weise vorzunehmen.

Beispiel: $\sqrt[3]{256000} = 63,5$ (siehe Bild 20).

Es ist auch hier nicht gleichgültig, auf welchem der 3 gleich großen Skalenintervalle der Skale x^3 der Radikand eingestellt wird. Analog der Regel beim Quadratwurzelziehen gilt hier: Den Radikanden teilt man durch senkrechte kleine Striche, vom Komma beginnend, in Gruppen von je **drei** Ziffern. Die dritte Wurzel (Ergebnis) hat dann so viel Stellen, wie der Radikand Gruppen aufweist. Hier unterscheidet man dreierlei Gruppen — linksbesetzte, mittelbesetzte und rechtsbesetzte

z. B. $\sqrt[3]{400'000}$; $\sqrt[3]{40'000}$; $\sqrt[3]{4'000}$

Rechnungsgang

1. Radikand in Gruppen zu je 3 Ziffern einteilen.
2. Linksbesetzte Gruppen werden rechts, mittelbesetzte Gruppen werden in der Mitte und rechtsbesetzte Gruppen werden links eingestellt.
3. Die Ablesung erfolgt senkrecht darunter auf der Grundskale x.

Beispiele:

$\sqrt[3]{140'608} = 52$ — Ergebnis ist zweistellig, da zwei Gruppen. 1. Gruppe linksbesetzt, daher Einstellung auf rechtem Skalenintervall.

$\sqrt[3]{39,304} = 3,4$ — Ergebnis ist einstellig. 1. Gruppe mittelbesetzt, daher Einstellung auf mittlerem Skalenintervall.

$\sqrt[3]{0,000'008} = 0,02$ — Hinter dem Komma folgt eine leere Gruppe; die 1. nicht leere Gruppe ist rechtsbesetzt. Die Einstellung erfolgt daher auf dem linken Skalenintervall.

Die reziproke Teilung

Die mittlere rote Einteilung der Zunge bezeichnet man als Reziprokskale $\frac{1}{x}$. Die Teilung ist die gleiche wie auf den Grundteilungen x und x_z, sie verläuft aber entgegengesetzt.

Die Skale $\frac{1}{x}$ gestattet zunächst die sofortige Bestimmung des reziproken Wertes (Kehrwertes) zu jeder gegebenen Zahl.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Läuferstrich auf Skale x_z auf die Zahl stellen, zu welcher der reziproke Wert zu bilden ist (z. B. 4).
2. Die Ablesung des Ergebnisses erfolgt senkrecht darüber auf Skale $\frac{1}{x}$ (im Beispiel = 2—5).

Beispiel: $\frac{1}{4} = 0,25$ (siehe Bild 21).

Die Reziprokskale findet weiter Anwendung zur Vereinfachung der Rechnung bei mehrfacher Multiplikation.

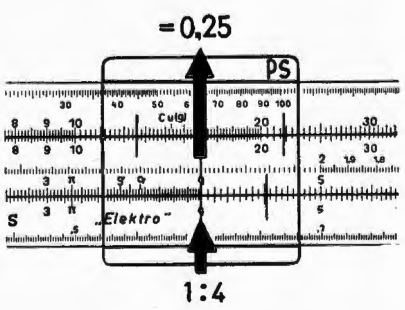


Bild 21

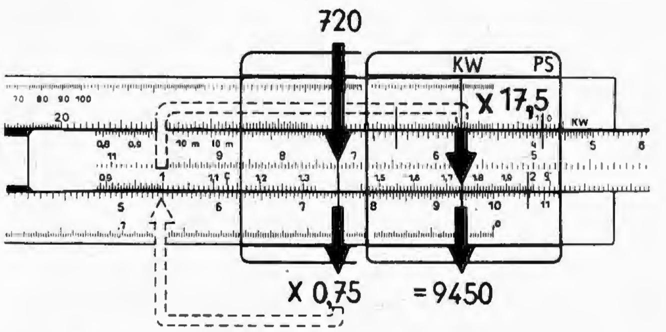


Bild 22

Beispiel: 0,75 · 720 · 17,5 = 9450.

Rechnungsgang (siehe Bild 22)

1. Läuferstrich über 7—5 von Skale x stellen.
2. Zunge verschieben, bis 7—2 der Reziprokteilung sich mit Läuferstrich deckt.
3. Läuferstrich über 1—7—5 von Skale x_z stellen.
4. Resultat auf Skale x ablesen (= 9—4—5).

Vorteil: Während man früher die Zunge einstellen und verschieben mußte, ist jetzt nur eine Zungeneinstellung nötig. Das übrige besorgt die Läuferverschiebung.

Die Mantissenteilung

Sie ermöglicht entweder zu einer Zahl (Numerus) die Mantisse oder durch Einstellung der Mantisse den Numerus zu ermitteln. Die Kennziffer ergibt sich aus der um 1 verminderten Stellenzahl des Numerus.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Läuferstrich auf den Numerus auf Skale x stellen (z. B. 1,46).
2. Mantisse auf Skale lg x ablesen (im Beispiel . . . 1644).
3. Kennziffer bestimmen (im Beispiel = 0).

Beispiel: Logarithmus von 1,46 = 0,1644 (siehe Bild 23).

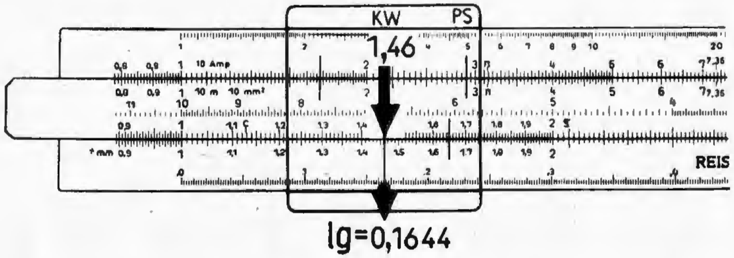


Bild 23

Mit Hilfe der Mantissenskale ist es möglich, auf dem Rechenstab zu jeder Grundzahl mit beliebigem Exponenten den Wert der Potenz zu ermitteln. Umgekehrt kann selbstverständlich auch aus jeder Zahl eine Wurzel mit beliebigem Wurzelexponenten gezogen werden.

Beispiel: $6{,}15^5$.

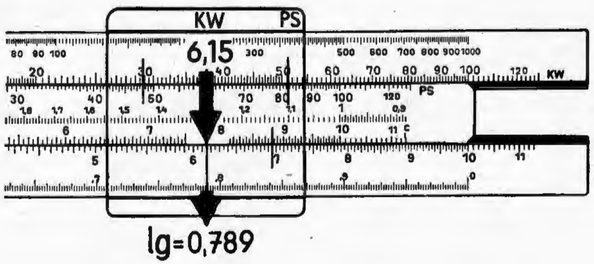


Bild 24 a

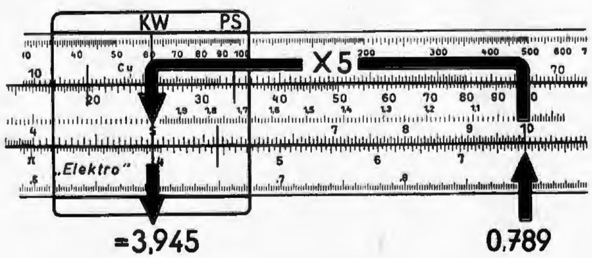


Bild 24 b

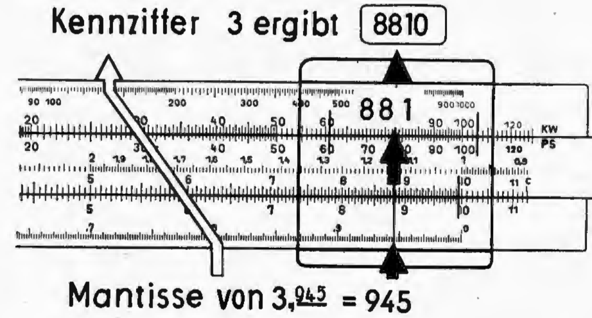


Bild 24 c

Rechnungsgang (siehe Bilder 24 a bis c)

1. Läuferstrich auf 6—1—5 der Skale x stellen.
2. Mantisse auf Skale lg x ablesen = ,789.
3. Kennziffer bestimmen. Der Numerus hat eine Stelle, die Kennziffer ist also 0. Der Logarithmus zu 6,15 ist 0,789.
4. Der Wert 0,789 wird auf der Skale x eingestellt und mit 5 multipliziert. Ergebnis: 3,945.
5. Der Läuferstrich wird über ,945 (neue Mantisse) der Skale lg x gestellt.
6. Senkrecht darüber wird auf der Skale x das Ergebnis abgelesen. Im Beispiel = 8—8—1; Kennziffer = 3, deshalb 4stellige Zahl $6{,}15^5 = 8810$.

Beim Radizieren ist in umgekehrter Weise vorzugehen. Jede Wurzel kann auch als Potenz mit gebrochenem Exponenten geschrieben werden. Im Beispiel $\sqrt[5]{8810} = 8810^{\frac{1}{5}}$ wird der Logarithmus von 8810 durch 5 dividiert und vom neuen Logarithmus nach der beschriebenen Art der Wert 6,15 errechnet.

Die trigonometrischen Teilungen

Sie befinden sich auf der Zungenrückseite und stehen mit den Grundteilungen x und x_z auf der Vorderseite in Wechselbeziehung.

A. Die Sinusteilung

Sie ist die obere Teilung auf der Zungenrückseite und umfaßt die Winkel von 5° 45′ ··· 90°.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Durch Verschieben des Läufers den Läuferstrich auf der Rückseite mit dem Winkel auf der Skale ∢sin zur Deckung bringen (z. B. 15° 40').
2. Rechenstab umdrehen. Die Ablesung erfolgt unter dem schwarzen Läuferstrich auf der Skale x_z (im Beispiel = 2—7).

Die Stellenzahl des Ergebnisses ist immer 0, . . . , bei Winkeln kleiner als 5° 45' 0,0 . . . Grenzwert: sin 90° = 1.

Beispiel: sin 15° 40' = 0,27 (s. Bilder 25a und b).

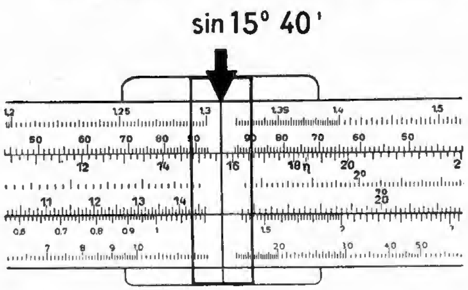


Bild 25 a

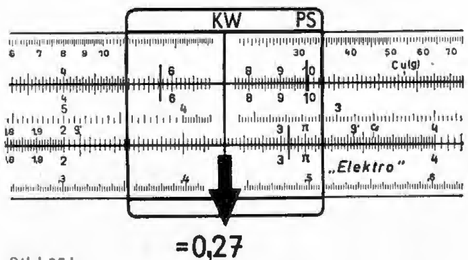


Bild 25 b

Der Kosinus eines Winkels errechnet sich aus folgender Beziehung:
cos α = sin (90° — α).

Beispiel: cos 60° = sin (90° — 60°) = sin 30° = 0,5.

B. Die Sinus-Tangens-Teilung (arc-Teilung)

Sie ist die mittlere Teilung auf der Zungenrückseite und umfaßt den Bereich der kleinen Winkel von 35' ··· 6°, in dem die Sinuswerte von den Tangens-Werten nur sehr wenig abweichen.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Durch Verschieben des Läufers den Läuferstrich auf der Rückseite mit dem Winkel auf der Skale ∢sin/tan zur Deckung bringen (z. B. 1° 39').
2. Rechenstab umdrehen. Die Ablesung erfolgt unter dem schwarzen Läuferstrich auf der Skale x_z (im Beispiel = 2—8—8).

Beispiel: tan 1°39' ≈ sin 1°39' ≈ arc 1°39' = 0,0288 (s. Bilder 26a und b).

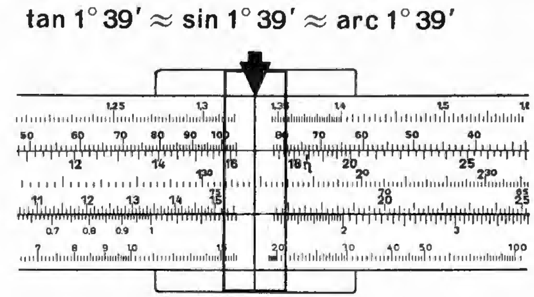


Bild 26 a

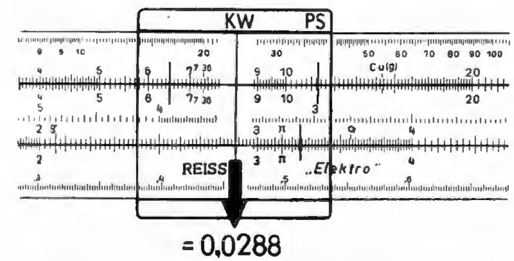


Bild 26 b

C. Die Tangens-Teilung

Sie ist die untere Teilung auf der Zungenrückseite und umfaßt die Winkel von 5° 45' ··· 84° 15'. Hierbei ist die Rückführung der Bezifferung ab 45° zu beachten.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Durch Verschieben des Läufers den Läuferstrich auf der Rückseite mit dem Winkel auf der Skale ∢ tan zur Deckung bringen (z. B. 70° 40').
2. Bei Winkeln zwischen 5° und 45° erfolgt die Ablesung auf der Skale x_z unter dem schwarzen Läuferstrich. Die Stellenzahl des Ergebnisses ist 0, . . .

   Bei Winkeln zwischen 45° und 84° 15' wird das Ergebnis unter dem schwarzen Läuferstrich auf der Reziprokskale $\frac{1}{x}$ abgelesen (Im Beispiel = 2—8—5). Der Stellenwert des Ergebnisses ist größer als 1 (= 2,85).

   Beispiel: tan 70° 40' = 2,85 (siehe Bilder 27a und b).

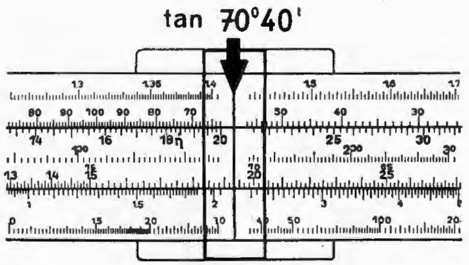


Bild 27 a

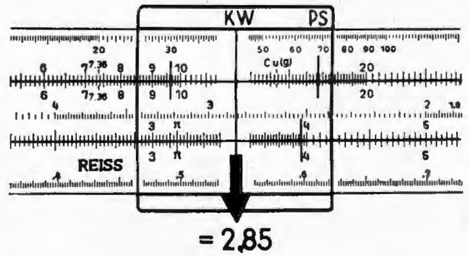


Bild 27 b

Soll bei einer Rechnung mit dem ermittelten Tangens-Wert auf den Grundteilungen x und x_z weitergerechnet werden, so ist der auf der Reziprokteilung abgelesene Wert auf der Grundteilung neu einzustellen. Damit der Wert gleich auf der Grundteilung eingestellt ist, kann bei Winkeln größer als 45° folgende Einstellung gewählt werden:

Rechnungsgang

1. Läuferstrich auf die 1 der Skale x stellen.
2. Schieber umdrehen und 70° 40' auf der Skale ∢ tan durch Verschieben der Zunge unter den Läuferstrich auf der Rückseite stellen.
3. Die Ablesung erfolgt unter „10" der Skale x_z auf der Skale x. Im Beispiel = 2—8—5.

Soll der Cotangens ermittelt werden, dann stellt man grundsätzlich den Tangens ein und zwar bei Winkeln bis 45° auf der Grundteilung, bei Winkeln über 45° auf der Reziprokteilung.

Ist der Tangens auf der Grundteilung, weil der Winkel unter 45° liegt, wird der Cotangens dieses Winkels auf der Reziprokteilung abgelesen.

Ist der Tangens auf der Reziprokteilung, weil der Winkel über 45° ist, wird der Cotangens auf der Grundteilung abgelesen.

Anwendungsbeispiele für Aufgaben aus der Elektrotechnik

a) Berechne die Wirkleistung und die Blindleistung eines Stromkreises, der bei 110 V 6,1 A aufnimmt. Die Phasenverschiebung betrage $\varphi = 30°$.

$$N_W = I \cdot U \cdot \cos\varphi = 6{,}1 \cdot 110 \cdot \cos 30° = 6{,}1 \cdot 110 \cdot \sin 60°$$

Rechnungsgang

1. Läuferstrich auf 6—1 der Skale x stellen.
2. Zunge verschieben, bis sich „1—1" auf der Reziprokteilung $\frac{1}{x}$ mit dem Läuferstrich deckt.
3. Schieber umdrehen und durch Verschieben des Läufers Läuferstrich mit dem Winkel 60° auf der Skale ∢ sin zur Deckung bringen.
4. Auf der Vorderseite des Rechenstabes wird auf der Skale x unter dem Läuferstrich das Ergebnis abgelesen. Im Beispiel = 5—8—1.

Es ergibt sich eine Wirkleistung von $N_W = 581$ W.

Die Blindleistung ergibt sich in der gleichen Weise, nur daß hierbei statt cos 30° sin 30° eingestellt wird.

$N_b = I \cdot U \cdot \sin\varphi = 6{,}1 \cdot 110 \cdot \sin 30° = 335{,}5$ BW (Blindwatt).

b) Wie groß muß in einem Wechselstromkreis mit reellem und induktivem Verbraucher der Widerstand R_W bei einer Phasenverschiebung von $\varphi = 30° 45'$ sein, wenn der Widerstand der Drossel $R_b = 16\ \Omega$ beträgt?

$$R_W = \frac{R_b}{\tan\varphi} = \frac{16}{\tan 30°\ 40'}$$

Rechnungsgang

1. Läuferstrich auf „1—6" der Skale x stellen.
2. Schieber umdrehen. Durch Verschieben der Zunge 30° 40' auf Skale ∢ tan mit dem Läuferstrich auf der Rückseite zur Deckung bringen.
3. Die Ablesung erfolgt auf der Vorderseite unter der „10" der Skale x_z auf der Skale x. Im Beispiel = 2—7.

Der Widerstand beträgt $R_W = 27\ \Omega$.

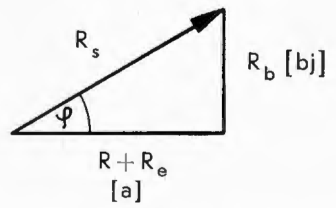
c) Ein reeller Widerstand R = 4,5 Ω und eine Spule mit dem reellen Widerstand 0,5 Ω und dem induktiven Blindwiderstand 2,6 Ω sind hintereinandergeschaltet.

Wie groß ist der Scheinwiderstand?

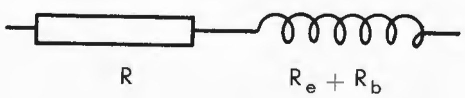
Aus dem Widerstandsdreieck folgt $R_s = \sqrt{(R + R_e)^2 + R_b^2}$

(siehe Bild 28).

Bild 28



Mit dem Elektro-Rechenstab kann man diese Dreiecksaufgabe auf folgende interessante Art lösen:



Rechnungsgang

1. Über den größeren Wert (4,5 + 0,5 = 5) der Grundteilung x den Läuferstrich, und den anderen Wert, in diesem Fall 2,6, der Skale x_z darüber stellen.
2. Rechenstab wenden, rückwärtigen Strich des Läufers über die Ablesemarken am Stabkörper stellen und auf der tan-Skale den Winkel 27° 30′ (φ) ablesen.
3. Diesen Wert auf der sin-Skale suchen, den Läuferstrich darauf stellen, und den Stab zurückwenden.

Unter dem kleineren Betrag (2,6) der Skale x_z lesen wir auf der Skale x den Betrag 5,63 Ω für den Scheinwiderstand ab.

Der Phasenwinkel φ beträgt 27° 30′.

Anmerkung

Sollte einmal der Blindwiderstand größer sein, als der reelle, dann ist der Betrag für den Scheinwiderstand der gleiche, nur ist der Phasenwinkel dann 90° — φ.

Dieser Lösungsweg entspricht genau dem bei der Auflösung einer komplexen Wechselstrom-Aufgabe.

Nach der bekannten Eulerschen Gleichung

$$a + bj = r \cdot e^{j\varphi}$$

müßte unsere Aufgabe folgendermaßen lauten:

$$5 + 2{,}6j = r \cdot e^{j\varphi}$$

Nach dem Durchführungsbeispiel erhalten wir r = 5,63 und φ = 27° 30′.

5,63 ist der Vektor oder Betrag,
27° 30′ ist der Phasenwinkel.

Die Exponentialteilungen

Sie befinden sich auf der Rückseite des Rechenstabes am oberen und unteren Rand.

Die obere Skale reicht von 1,1 bis 3 und heißt $e^{0,1x}$, die untere Skale reicht von 2,5 bis $5 \cdot 10^4$ und heißt e^x.

Die auf diesen Skalen stehenden Werte bedeuten nicht lediglich Ziffernfolgen, sondern stellen eindeutige, in ihrem Stellenwert bestimmte, Zahlen dar.

Unter jedem Wert der oberen Skale ($e^{0,1x}$) steht auf der unteren Skale (e^x) seine 10. Potenz und umgekehrt steht auf der oberen Skale die 10. Wurzel jedes Wertes der unteren Skale.

Beispiele:

a) $1{,}4^{10} = 29$ (siehe Bild 29)

b) $\sqrt[10]{110} = 1{,}6$

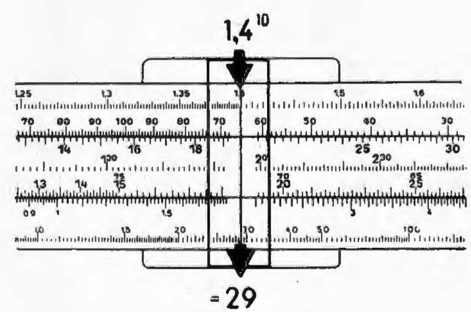


Bild 29

A. Potenzieren und Radizieren von e

Zu jeder auf der Skale x auf der Vorderseite des Rechenstabes eingestellten Zahl n liest man am rückwärtigen Läuferstrich auf den Exponentialteilungen e^n ab. Bei Exponenten von 0,1 bis 1 erfolgt die Ablesung auf der Skale $e^{0,1x}$, bei Exponenten von 1 bis 10 auf der Skale e^x.

Beispiele:

a) $e^{0,61} = 1,84$ (siehe Bilder 30 a und b)

b) $e^{2,64} = 14,0$

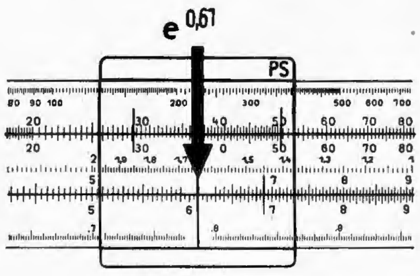


Bild 30 a

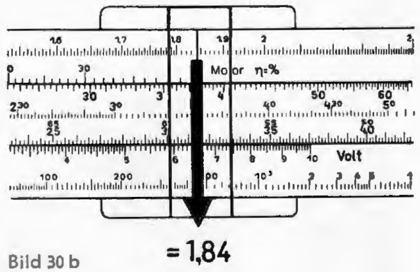


Bild 30 b

Ist der Exponent eine negative Zahl, so wird die Rechnung in der gleichen Weise durchgeführt, wie bei positiven Exponenten und von der Ablesung der reziproke Wert gebildet, denn

$$e^{-x} = \frac{1}{e^x}$$

Beispiel:

$$e^{-2,08} = \frac{1}{e^{2,08}} = \frac{1}{8} = 0,125$$

Soll aus e die Wurzel gezogen werden, so stellt man den Wurzelexponenten auf der Reziprokskale $\frac{1}{x}$ ein und erhält das Resultat auf den Exponentialskalen.

Beispiel:

$$\sqrt[0,222]{e} = e^{\frac{1}{0,222}} = 90$$

B. Die natürlichen Logarithmen

Die natürlichen Logarithmen findet man auf der Grundteilung x, wenn man die Numeri auf den Exponentialskalen einstellt.

Beispiel:

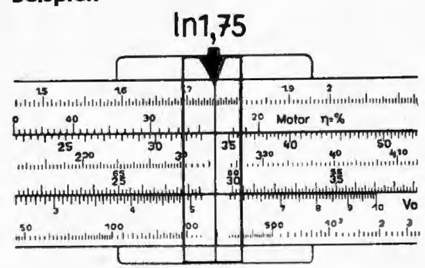


Bild 31 a

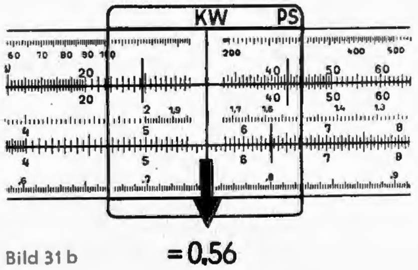


Bild 31 b

a) ln 1,75 = 0,56 (Bilder 31 a und b)

b) ln 290 = 5,67

c) In der Elektrotechnik wird die Spannungsdämpfung b einer elektrischen Leitung (Fernsprech- oder Telegraphenleitung) oder einer beliebigen elektrischen Einrichtung nach der Formel berechnet:

Dämpfung $b = \ln \frac{U_1}{U_2}$

U_1 ist hierbei die Eingangs-, U_2 die Ausgangsspannung.

Beispiel:

Die Eingangsspannung einer Fernsprechleitung beträgt 60 Volt, ihre Ausgangsspannung an einem bestimmten Ort nur noch 45 Volt.

Einstellung auf oberer Skale ($e^{0,1x}$), Ablesung auf der Grundskale (x)

$U_1 = 60$ Volt, $U_2 = 45$ Volt

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{60}{45} = 1,333$; ln 1,333 = 0,287

b = 0,287 Neper

Bei Numeri unter 1 ist der reziproke Wert des Numerus zu bilden, wobei der Logarithmus negativ wird. Die Einstellung und Ablesung sowie die Bestimmung der Stellenzahl des Ergebnisses erfolgen dann wie in den obigen Beispielen.

Beispiel:

$$\ln 0{,}56 = -\ln \frac{1}{0{,}56} = -\ln 1{,}786 = -0{,}58$$

C. Die dekadischen (Brigg'schen) Logarithmen

Dakadische Logarithmen mit kleinen Numeri bestimmt man vorteilhaft mit Hilfe der Exponentialteilungen.

Hierzu wird der rückwärtige Läuferstrich auf die 10 der Skale e^x und auf der Vorderseite „1" oder „10" der Skale x_z unter den vorderen Läuferstrich gestellt.

Zu jedem Numerus auf den Exponentialteilungen kann jetzt der lg auf der Skale x_z abgelesen werden.

Beispiel: $\lg 18{,}2 = 1{,}26$

D. Potenzieren mit beliebigen Exponenten

Der rückwärtige Läuferstrich wird auf die Grundzahl (Basis) z. B. 4,4 der Skale e^x, und „1" oder „10" der Zunge wird unter den vorderseitigen Läuferstrich gestellt.

Nun wird der Läufer auf den Potenzexponenten auf Skale x_z gestellt (z. B. 1 — 1) und das Ergebnis auf der Rückseite auf der Exponentialteilung e^x, im Beispiel 5,1, abgelesen.

Beispiel:

a) $4{,}4^{1{,}1} = 5{,}1$ (siehe Bilder 32a bis c), Einstellung links

b) $1{,}3^{6{,}5} = 5{,}5$ (siehe Bilder 33a bis c), Einstellung rechts

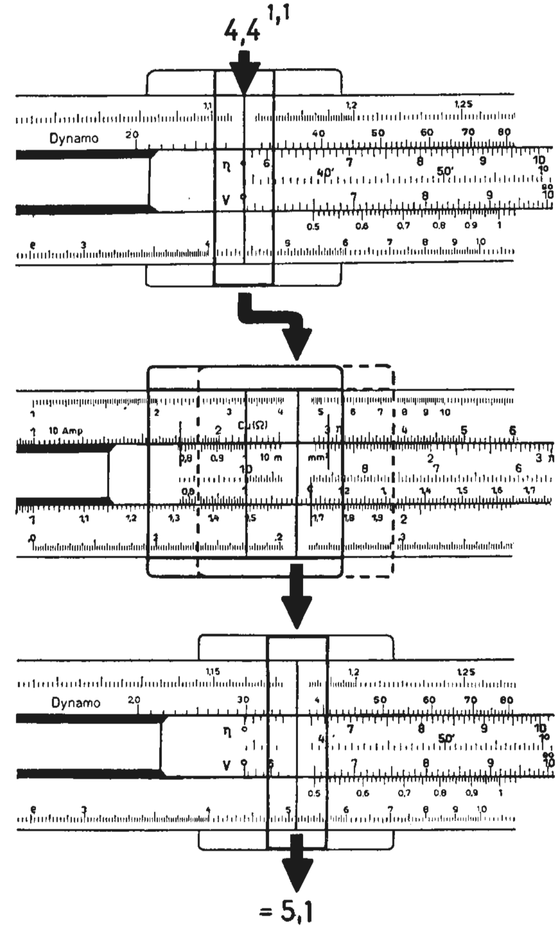


Bild 32 a

Bild 32 b

Bild 32 c

Zweckmäßig ist es, die Stellenzahl des Ergebnisses zu überschlagen. Damit findet man auch den richtigen Ablesebereich (Skale e^x oder Skale $e^{0,1x}$).

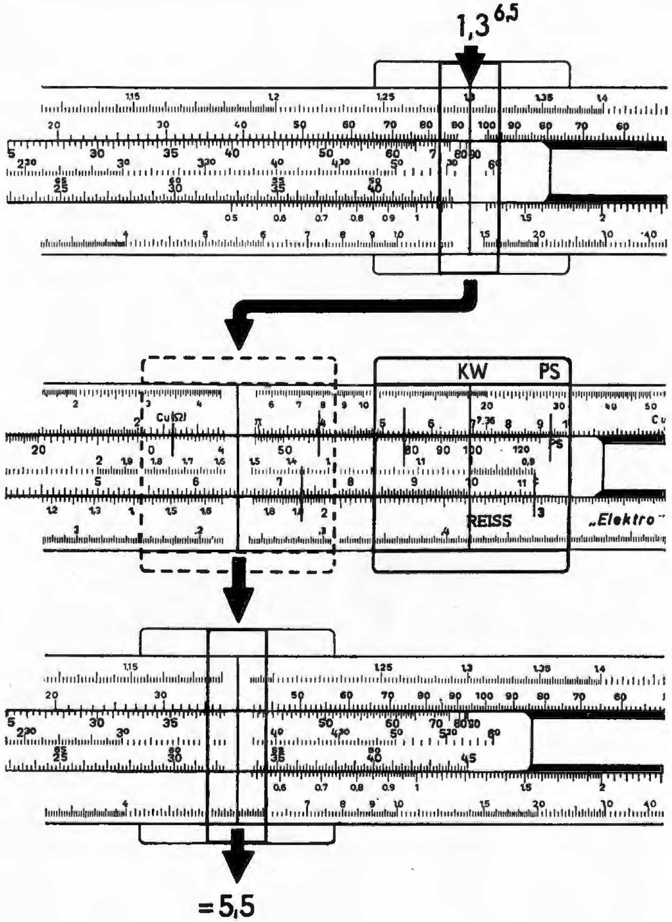


Bild 33 a

Bild 33 b

Bild 33 c

Aus der folgenden Aufstellung ist ersichtlich, auf welchem Bereich der Exponentialteilung das Ergebnis abgelesen werden muß.

	Ablesung auf Skale bei Einstellung links	Ablesung auf Skale bei Einstellung rechts
a) Ausgangsskale e^x		
Exponent 0,01 ··· 0,1	—	$e^{0,1x}$
Exponent 0,1 ··· 1,0	$e^{0,1x}$	e^x
Exponent 1,0 ··· 100	e^x	—
b) Ausgangsskale $e^{0,1x}$		
Exponent 0,1 ··· 1,0	—	$e^{0,1x}$
Exponent 1,0 ··· 10	$e^{0,1x}$	e^x
Exponent 10 ··· 100	e^x	—

Beispiele:

$4{,}8^{0{,}55} = 2{,}37$	$20^{0{,}038} = 1{,}1206$
$10{,}4^{32} = 1800$	$28^{0{,}4} = 3{,}79$
$1{,}38^{3{,}04} = 2{,}66$	$1{,}372^{0{,}386} = 1{,}13$
$1{,}13^{32} = 50$	$2{,}1^{5{,}2} = 47{,}4$

Bei negativen Exponenten ist die Rechnung in der gleichen Weise durchzuführen wie bei positiven Exponenten und von der Ablesung der reziproke Wert zu bilden, denn

$$a^{-x} = \frac{1}{a^x}$$

Beispiel:

$$2^{-5} = \frac{1}{2^5} = \frac{1}{32} = 0{,}03125$$

Liegt die Grundzahl zwischen 0 und 1, so bildet man den reziproken Wert dieser Grundzahl, potenziert diesen Wert und bildet von der Ablesung wiederum den reziproken Wert, denn

$$a^x = \frac{1}{\left(\frac{1}{a}\right)^x}$$

Beispiel:

$$0{,}8^{3{,}1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{0{,}8}\right)^{3{,}1}} = \frac{1}{1{,}25^{3{,}1}} = \frac{1}{2} = 0{,}5$$

E. Das Radizieren mit verschiedenen Wurzelexponenten

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Wurzel aus einer Zahl mit Hilfe der Exponentialteilungen zu ziehen.

1. Das Radizieren ist die Umkehrung des Potenzierens. Demzufolge kann auch die Einstellung und Ablesung in entgegengesetzter Reihenfolge vorgenommen werden.
2. Der Wurzelexponent wird mit der Reziprokteilung $\frac{1}{x}$ in einen Potenzexponenten umgerechnet und der Wert der Potenz wie oben berechnet.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Läuferstrich auf der Rückseite mit dem Radikanden auf der Exponentialteilung zur Deckung bringen (z. B. 92).
2. Schieber wenden, Zunge verschieben, bis sich der Wurzelexponent auf Skale x_z mit dem schwarzen Läuferstrich deckt (z. B. 1—5—1).
3. Läuferstrich mit „1" bzw. „10" auf Skale x_z zur Deckung bringen.
4. Schieber wenden. Das Ergebnis wird unter dem Läuferstrich auf dem entsprechenden Bereich der Exponentialteilung abgelesen (im Beispiel Ablesung auf Skale $e^x = 20$).

Beispiel:

$$\sqrt[1{,}51]{92} = 20$$

Anwendungs-Beispiel:

Berechne die Kapazität zwischen den zwei Drähten einer Gummiaderschnur (Dielektrizitätskonstante für Gummi $\varepsilon = 2{,}65$) bei einer Leitungslänge von $l = 200$ cm. Der Drahtquerschnittsradius betrage $r = 0{,}06$ cm, der Abstand der beiden Drähte $a = 0{,}3$ cm.

$$= C \quad \frac{0{,}277 \cdot \varepsilon \cdot l}{\ln \frac{a}{r}} \quad [\mathrm{pF}]$$

$$C = \frac{0{,}277 \cdot 2{,}65 \cdot 200}{\ln \frac{0{,}3}{0{,}06}} = 91{,}2 \quad \mathrm{pF}$$

Rechnungsgang

Zuerst wird der Wert des Nenners berechnet.

$$\ln \frac{0{,}3}{0{,}06} = \ln 5$$

Läuferstrich auf „5" der Skale e^x stellen und auf der Skale x auf der Vorderseite des Rechenstabes unter dem Läuferstrich 1,609 ablesen.

Die weitere Durchführung der Aufgabe erfolgt wie unter „Mehrere Multiplikationen nacheinander" auf S. 5 beschrieben.

Die Wirkungsgradteilung

Sie ist die 2. Teilung von oben auf der Rückseite des Rechenstabes und ist mit kz bezeichnet, wobei k = 0,736 ist, denn 1 PS = 0,736 kW. Die linke Hälfte dieser Teilung (20 ··· 100) dient zur Berechnung des Wirkungsgrades von Dynamomaschinen ($z = x^2$), die rechte Hälfte (100 ··· 20) zur Berechnung des Wirkungsgrades von Elektromotoren ($z = \frac{1}{x^2}$).

Die auf der Skale kz befindlichen Werte stellen, wie die Werte auf der Exponentialteilung, eindeutige, in ihrem Stellenwert unveränderliche, Zahlen dar. Der Wirkungsgrad errechnet sich aus der Beziehung:

$$\eta = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{zugeführte Leistung}}$$

Dabei wird bei Dynamomaschinen die zugeführte Leistung in PS, die abgegebene (elektrische) Leistung in kW, bei Elektromotoren die zugeführte Leistung in kW und die abgegebene Leistung in PS angegeben.

Durch die in den folgenden Beispielen beschriebene Einstellung ist es möglich, bei gegebener zugeführter und abgegebener Leistung den Wirkungsgrad zu berechnen, ohne vorher die PS in kW bzw. kW in PS umwandeln zu müssen.

Wichtig beim Rechnen mit der Wirkungsgradteilung

1. Der kW-Wert wird auf der (oberen) Quadratteilung x^2 eingestellt bzw. abgelesen. An ihrer rechten Seite ist kW eingraviert.
2. Der PS-Wert wird auf der (unteren) Quadratteilung x_z^2 eingestellt bzw. abgelesen. An ihrer rechten Seite ist PS eingraviert.

3. Der Wirkungsgrad η wird auf der entsprechenden Hälfte der Wirkungsgradteilung kz abgelesen bzw. eingestellt.

Beispiele:

a) Berechne den Nutzeffekt einer Dynamomaschine, die bei einer zugeführten Leistung von 114 PS 68 kW abgibt.

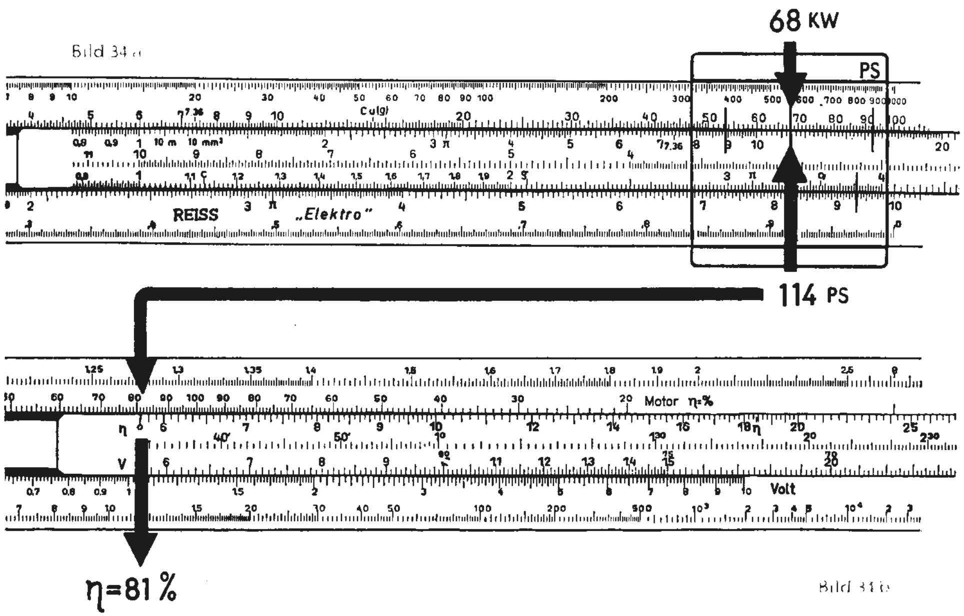


Bild 34 a

Bild 34 b

Rechnungsgang (siehe Bilder 34 a und b)

1. Läuferstrich mit 68 auf Skale x^2 (kW) zur Deckung bringen.
2. Zunge verschieben bis 114 auf Skale x_z^2 (PS) auf dem Läuferstrich steht.
3. Auf der linken Seite der Skale kz wird über der mit η bezeichneten Nullmarke der Wert 81 abgelesen, d. h. der Wirkungsgrad beträgt 81 %.

b) Einer Dynamomaschine mit einem Wirkungsgrad $\eta = 88\%$ werden 30 PS zugeführt. Wie groß ist die abgegebene elektrische Leistung?

Rechnungsgang

1. Zunge verschieben, bis sich die Marke η unter der 88 auf der linken Seite der Skale kz befindet.
2. Schieber umdrehen. Durch Läuferverschiebung den schwarzen Läuferstrich mit 3 auf Skale x_z^2 zur Deckung bringen.
3. Die Ablesung des Ergebnisses erfolgt darüber auf der Skale x^2. Im Beispiel = 19,4 kW.

Sollte das Ergebnis im vorliegenden Falle nicht befriedigen, so liefert der Stab in der obigen Einstellung eine Tabelle, aus der man für jede auf der Dynamowelle übertragenen PS die gelieferten kW ablesen kann; z. B. bei 35 PS 22,7 kW, bei 85 PS 55 kW usw.

c) Welchen Wirkungsgrad hat ein Motor, der bei einem Verbrauch von 17,1 kW 20 PS abgibt?

Rechnungsgang analog zu Beispiel a).

Auf der rechten Seite der Wirkungsgradteilung liest man $\eta = 86\%$ ab.

d) Berechne die abgegebene Leistung eines Motors mit einem Wirkungsgrad von $\eta = 80\%$, der an einem Netz von 500 V liegt und 12 A aufnimmt. (Die zugeführte elektrische Leistung ist $500\,V \cdot 12\,A = 6000\,W = 6\,kW$.)

Auf der Skale x_z^2 liest man 6,52 PS ab.

Da es sich in dem Beispiel um einen Motor handelt, ist bei der Einstellung darauf zu achten, daß die Nullmarke unter die 80 auf der **rechten** Seite der Wirkungsgradteilung gestellt wird.

Die Spannungsabfallteilung

Sie ist die 2. Teilung von unten auf der Rückseite des Rechenstabes und ist mit $\varkappa \cdot x^2$ bezeichnet, wobei $\varkappa = 57 \cdot 10^4 \frac{S}{cm}$ die spezifische Leitfähigkeit von Kupfer bei 20° C ist.

Die Spannungsabfallteilung dient zur Berechnung der Spannungsabfälle an Kupferleitungen bei vorgegebener Stromstärke, Leitungslänge und gegebenem Leitungsquerschnitt. Ebenfalls kann bei entsprechender Einstellung die Stromstärke, die Leitungslänge oder der Querschnitt berechnet werden, wenn jeweils die anderen drei Größen bekannt sind. Den Spannungsabfall einer Kupferleitung für Gleichstrom oder für Wechselstrom mit induktionsfreier Belastung berechnet man nach der Formel:

$$U = \frac{I \cdot l}{\varkappa \cdot q}$$

I = Stromstärke
l = Leitungslänge
$\varkappa$ = spezifische Leitfähigkeit
q = Leitungsquerschnitt

Bei der Berechnung des Spannungsabfalles mit der Spannungsabfallskale braucht die Division durch die spezifische Leitfähigkeit ($\varkappa = 570\,000 \frac{S}{cm} = 57 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$) nicht ausgeführt zu werden, da die Spannungsabfallskale gegenüber der Quadratteilung um den Skalenwert 5—7 versetzt ist. Es wird also lediglich der Strom mit der Leitungslänge multipliziert und durch den Leitungsquerschnitt dividiert. Der Spannungsabfall wird auf der Skale x^2 unter der Nullmarke V abgelesen.

Beispiele:

a) Wie groß ist der Spannungsabfall an einer Kupferleitung von 84,5 m Länge, durch die ein Strom von 52 A fließt? Der Leitungsquerschnitt beträgt 70 mm².

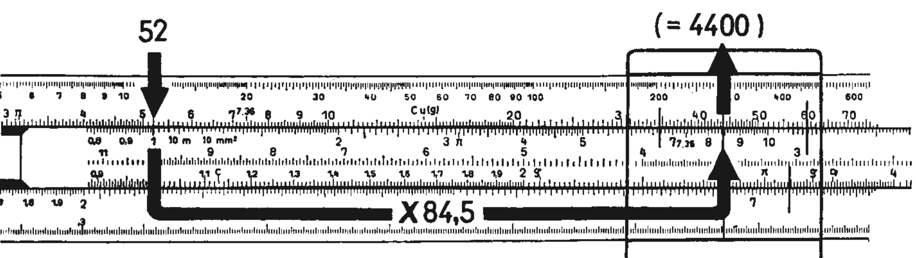


Bild 35 a

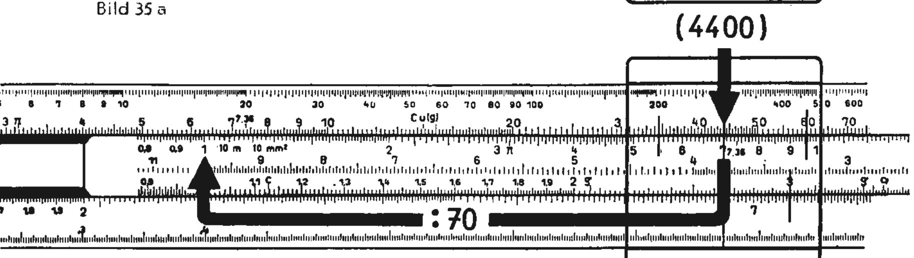


Bild 35 b

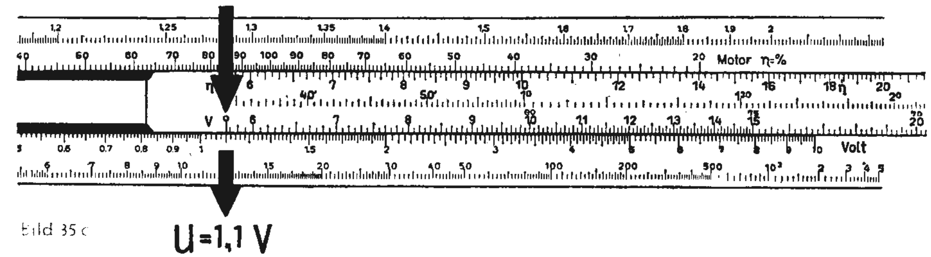


Bild 35 c

Rechnungsgang (siehe Bilder 35 a bis c)

1. „1" der Quadratskale x_z^2 unter 52 auf Skale x^2 stellen (Skale x^2 beginnt laut Bezifferung mit 10 A).
2. Läufer verschieben, bis sich der schwarze Läuferstrich mit 84,5 auf Skale x_z^2 deckt (Skale x_z^2 beginnt für 1 mit 10 m).
3. Durch Verschieben der Zunge 70 auf Skale x_z^2 mit Läuferstrich zur Deckung bringen (Skale x_z^2 beginnt für q mit 10 mm²).
4. Das Ergebnis wird unter der mit V bezeichneten Nullmarke auf der Spannungsabfallskale in seiner wahren Größe, in Volt gemessen, abgelesen. Im Beispiel U = 1,1 Volt.

Führt man zuerst die Division von I durch q und dann die Multiplikation mit l aus, so sind nur eine Zungen- und zwei Läufereinstellungen notwendig. Das Ergebnis wird hierbei unter dem Läuferstrich auf der Rückseite auf Skale $\varkappa x^2$ abgelesen.

Bemerkung: Das Komma wird nur dann richtig abgelesen, wenn sich die Werte für I, l und q auf den Quadratskalen einstellen lassen. Ist z. B. bei der obigen Aufgabe die Leitungslänge 845 m, so stellt man 84,5 m ein und multipliziert das Ergebnis mit 10 (U = 11 V). Beträgt die Stromstärke nur 5,2 A, dann stellt man 52 A ein und dividiert das Ergebnis durch 10 (U = 0,11 V).

b) Wie groß muß der Querschnitt einer Kupferleitung mindestens sein, wenn der Spannungsabfall vom Elektrizitätswerk zum 1 km entfernt gelegenen Verbraucher nicht größer als 4,2 V sein soll? Die Stromstärke betrage 6 A (Gesamtleitungslänge l = 2 · 1 km = 2 km).

Rechnungsgang

1. Läufer verschieben, bis sich Läuferstrich auf der Rückseite mit der 4,2 auf Skale $\varkappa$ x^2 deckt.
2. Schieber umdrehen. Durch Verschieben der Zunge 200 mit Läuferstrich zur Deckung bringen.
3. Läuferstrich auf 6 der Skale x^2 stellen.
4. Das Ergebnis wird direkt darunter auf der Skale x_z^2 abgelesen. Im Beispiel ist q = 50 mm².

Das Rechnen mit den festen Marken

A. Der Läufer

Auf der Vorderseite des Läufers befinden sich außer dem durchgehenden schwarzen Strich noch drei weitere kurze rote Striche.

I. Der rechte obere kurze Strich dient zusammen mit dem schwarzen Läuferstrich zur Umrechnung von elektrischer Leistung in mechanische oder umgekehrt. Der Abstand der beiden Striche beträgt auf den Quadratteilungen gemessen 1,36, denn 1 kW = 1,36 PS.

Beispiel: N = 14,7 kW
Wie groß ist die Leistung in PS gemessen? (s. Bild 36)

Ergebnis: N = 20 PS.

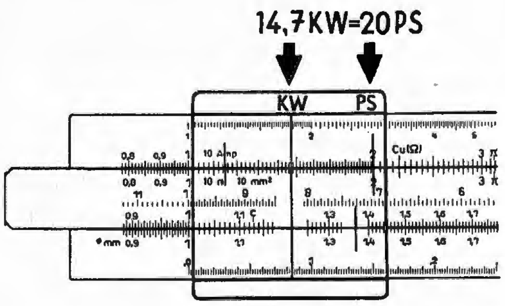


Bild 36

II. Der linke obere und der rechte untere kurze Strich stehen mit dem schwarzen in einer Beziehung von $\frac{\pi}{4} = 0{,}785$ und dienen zur direkten Bestimmung des Kreisinhaltes bei gegebenem Durchmesser oder umgekehrt.

Beispiel: Der Durchmesser einer Leitung beträgt 7,2 mm. Wie groß ist der Querschnitt q?

$$q = d^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

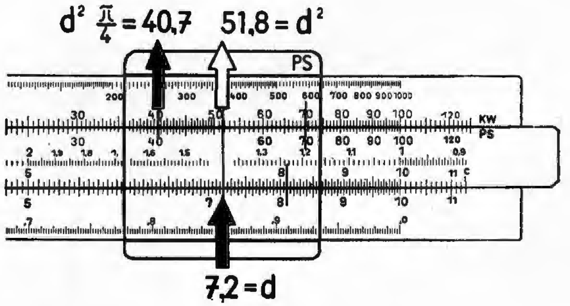


Bild 37

Rechnungsgang (siehe Bild 37)

1. Schwarzen Läuferstrich auf 7—2 der Skale x stellen.
2. Die Ablesung erfolgt auf der Quadratskale x^2 auf dem linken Läuferstrich. Im Beispiel = 40,7.

III. Die Ziffernfolge 7—8—5 entspricht auch dem spezifischen Gewicht von Eisen (allgemein), so daß mit Hilfe des linken oberen Striches und des schwarzen Striches aus dem vorhandenen Volumen das Gewicht berechnet werden kann.

$$G_{Eisen} = V \cdot \gamma_{Eisen} \approx V \cdot \frac{\pi}{4}$$

Beispiel: Wie schwer ist ein Eisenkörper mit einem Volumen von 192 cm³?

Rechnungsgang

1. Schwarzen Läuferstrich mit 1—9—2 auf Skale x^2 zur Deckung bringen.
2. Gewicht unter dem linken Läuferstrich auf Skale x^2 ablesen. Im Beispiel = 1,51 kg.

B. Der Stabkörper und die Zunge

I. Die Marke $\pi = 3{,}1415926\ldots$

Die Anwendung kann vorausgesetzt werden.

II. **Die Marken 7.36**

Sie befinden sich auf der linken Seite der Quadratskalen x^2 und x_z^2 und dienen wie der rechte obere Läuferstrich zur Umrechnung von kW in PS oder umgekehrt. (Bei neueren Rechenstäben entfallen diese Marken.)

Bei der Ermittlung der Stellenzahl muß darauf geachtet werden, daß die in PS bzw. in kW angegebene Leistung mit 0,736 multipliziert bzw. durch 0,736 dividiert wurde.

III. **Die Marke ϱ' für Winkelminuten (Wert 3438)**

Sie ist auf der Grundteilung x_z angegeben, heißt rho-Minuten und dient zur Bestimmung der trigonometrischen Funktionen für Winkel unter 30 Minuten. Bei solchen Winkeln unterscheidet sich praktisch der Sinus und Tangens nicht vom Arcus.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Läuferstrich über die Minutenzahl von Skale x stellen (z. B. 25').
2. Marke ϱ' mit Läuferstrich zur Deckung bringen.
3. Der Funktionswert wird unter der „10" der Skale x_z auf der Skale x abgelesen (im Beispiel = 7—2—7).

Beispiel: arc 25' = 0,00727 ≈ tan 25' ≈ sin 25'.

Bei der Bestimmung der Nullen nach dem Komma ist darauf zu achten, daß die eingestellte Minutenzahl durch 3438 geteilt wurde.

IV. **Die Marke ϱ'' für Winkel-Sekunden (Wert 206265)**

Sie ist ebenfalls auf der Grundteilung x_z angegeben, heißt rho-Sekunden und dient zur Bestimmung von trigonometrischen Funktionen, für Winkel-Sekunden.

Grundsätzliches Rechenschema

1. Läuferstrich über die Sekundenzahl auf Skale x stellen (z. B. 39").
2. Marke ϱ'' mit Läuferstrich zur Deckung bringen.

3. Unter der „1" der Skale x_z auf Skale x den Funktionswert ablesen (im Beispiel = 1—8—9).

Beispiel: arc 39" = 0,000189 ≈ tan 39" ≈ sin 39".

Die eingestellte Sekundenzahl wurde durch 206265 geteilt.

V. **Die Marke Cu (Ω) (Wert 0,02205 $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$)**

Sie ist auf der Quadratteilung x^2 angegeben und dient zur Berechnung des ohmschen Widerstandes von Kupferleitungen bei 15° C.

Bei gegebener Leitungslänge und gegebenem Leitungsdurchmesser errechnet man den ohmschen Widerstand aus der Beziehung

$$R = \frac{1}{\varkappa} \cdot \frac{l \cdot 4}{d^2 \cdot \pi} \qquad \begin{aligned} \varkappa &= \text{spezifische Leitfähigkeit} \\ l &= \text{Leitungslänge} \\ d &= \text{Leitungsdurchmesser} \end{aligned}$$

$\frac{4}{\pi \cdot \varkappa}$ ist in dem Wert 0,02205 zusammengefaßt.

Beispiel: Wie groß ist der Widerstand einer Kupferleitung von 2,5 mm Durchmesser und 142 m Länge?

Rechnungsgang

1. Läuferstrich mit 2—5 auf Skale x zur Deckung bringen (Quadrieren).
2. Zunge verschieben bis sich 1—4—2 auf der rechten Seite der Skale x_z^2 mit Läuferstrich deckt.
3. Läuferstrich auf Marke Cu (Ω) stellen.
4. Das Ergebnis wird darunter auf Skale x_z^2 abgelesen. Im Beispiel = 5.

VI. **Die Marke Cu (g) (Wert 0,14306 $\frac{cm^3}{g}$)**

Sie befindet sich auf der Skale x^2 und dient zur Berechnung des Gewichtes von Kupferleitungen.

Bei gegebenem Leitungsdurchmesser d und gegebener Leitungslänge l berechnet man das Gewicht einer Kupferleitung aus der Beziehung

$$G = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot l \cdot \gamma_{Cu}$$

wobei $\gamma_{Cu} = 8{,}9 \frac{g}{cm^3}$ das spezifische Gewicht von Kupfer ist.

$\frac{4}{\pi \cdot \gamma_{Cu}}$ ist in dem Wert $0{,}14306 \frac{cm^3}{g}$ zusammengefaßt, so daß $d^2 \cdot l$ nur durch diesen Wert dividiert zu werden braucht.

Beispiel: Wieviel wiegt eine Kupferleitung von 1,5 mm Durchmesser und 1,4 m Länge?

Rechnungsgang

1. Läufer verschieben, bis sich der Läuferstrich mit Marke Cu (g) deckt.
2. Durch Verschieben der Zunge 1—4 auf Skale x_z^2 (rechte Seite) mit Läuferstrich zur Deckung bringen.
3. Läuferstrich auf 1—5 der Skale x stellen.
4. Das Ergebnis wird darüber auf der Skale x_z^2 abgelesen. Im Beispiel ist G = 2—2. Das Gewicht der Kupferleitung beträgt also 22 g.

Wir hoffen, daß diese Gebrauchsanleitung Ihnen ein guter Helfer war und unser Rechenstab Ihr ständiger Begleiter zu Ihrem Vorteil und Erfolg sein möge!

VEB Meß- und Zeichengerätebau Bad Liebenwerda

Telefon: 235, 236 u. 586 — Telegramme: Rechenschieber Badliebenwerda