ARISTO-MITTEILUNGEN FÜR INGENIEUR- UND HOCHSCHULEN

Herausgeber: ARISTO-Kundendienst
DENNERT & PAPE · ARISTO-WERKE · Hamburg-Altona · Juliusstraße 10

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Rolf Jäger

Mitarbeiter dieses Heftes:

Dipl.-Ing. Rolf Jäger
Hamburg-Gr. Flottbek, Hittfelder Stieg 5

Dipl.-Ing. Waldemar Schuchardt
Hamburg-Rahlstedt, Am Knill 120

Dr.-Ing. Paul Thießen
Hamburg-Langenhorn, Langenhorner Chaussee 304

Printed in Germany · 101259 Borek KG 10630

Gedanken zur Skalenanordnung

(Fortsetzung aus Heft 1)

Von Dipl.-Ing. Rolf Jäger

5. Die pythagoreische Skala P

Die Skala P für Rechnungen nach der Gleichung $y = \sqrt{1 - x^2}$ ist erstmalig beim System Darmstadt zur Anwendung gekommen und seitdem zu einem festen Bestandteil der vielseitigen technischen Rechenstäbe geworden. Man kommt zwar auch ohne diese Skala aus, aber sie bietet doch einige Rechenvorteile, so daß wir sie beim ARISTO-Studio und beim ARISTO-MultiRietz wiederfinden. Bei den Rechenstäben ARISTO-MultiLog und ARISTO-HyperboLog wurde sie bereits mehrfach vermißt.

5.1 Hauptanwendung

Mit der Skala P soll nicht etwa $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ ausgerechnet werden, was vielfach auf Grund ihres Namens angenommen wird. Dafür gibt es bessere Lösungen, wie in dem Beitrag „Pythagoras-Rechnungen" (Heft 2) gezeigt worden ist. Wenn jedoch die Hypotenuse 1 ist, besteht zwischen den Skalen P und D eine praktische Wechselbeziehung für die Katheten. Aber auch die Berechnung beliebiger rechtwinkliger Dreiecke ist mit der Skala P möglich, wenn die Hypotenuse und eine Kathete gegeben sind. Die zweite Kathete läßt sich dann nach der Umformung

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

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

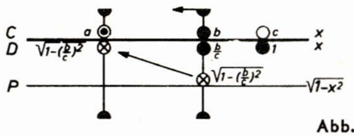


Abb. 7

Viel wertvoller ist die Skala P für die trigonometrischen Umrechnungen:

$$\sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha} \text{ und}$$

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

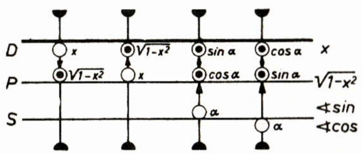


Abb. 8

Wenn α in Skala S eingestellt wird, stehen sich die Funktionswerte $\sin\alpha$ in Skala D und $\cos\alpha$ in Skala P gegenüber. Wird α mit der roten Bezifferung eingestellt, stehen $\sin\alpha$ in P und $\cos\alpha$ in D. Auch die Umkehrung gilt: wenn $\cos\alpha$ in D eingestellt wird, gibt Skala P den Wert $\sin\alpha$ an und in Skala S kann α abgelesen werden.

Daraus ergeben sich zwei Vorteile:

a. Man kann die Kofunktion zu einer eingestellten Funktion (sin oder cos) ablesen, ohne den dazugehörigen Winkel zu kennen oder aufsuchen zu müssen.

b. $\sin\alpha$ für $\alpha > 45°$ kann vom Rechenstab mit größerer Genauigkeit abgelesen werden, wenn α mit Hilfe der roten Kosinusbezifferung in Skala S eingestellt und $\sin\alpha$ in Skala P abgelesen wird. Wird $\cos\alpha$ für $\alpha < 45°$ gesucht, dann ist es zweckmäßiger, α in der schwarzbezifferten Skala S einzustellen und $\cos\alpha$ in Skala P abzulesen.

Da diese wertvollen Hilfen nur im Bereich der Skala S Gültigkeit haben, fehlt für $\alpha > 84{,}27°$ bzw. $\alpha < 5{,}73°$ eigentlich eine zweite Skala P als Fortsetzung, die mit der Skala ST zusammenarbeiten würde. Ohne eine solche Skala bleibt nur der Umweg über eine Reihenentwicklung, um $\cos\alpha$ in diesem Bereich genauer angeben zu können

$$\cos\alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}.$$

5.2 Genauere Quadratwurzeln

Auch genauere Quadratwurzeln $\sqrt{a}$ können mit Hilfe der Skala P berechnet werden, wenn $0{,}5 < a < 1{,}0$; $0{,}005 < a < 0{,}01$; $50 < a < 100$ usw. ist. Ein Beispiel möge den Lösungsweg zeigen: $\sqrt{95} = \sqrt{100 - 5} = \sqrt{100 \cdot (1 - 0{,}05)} = 10 \cdot \sqrt{1 - 0{,}05}$.

Um auf die Form $\sqrt{1 - x^2}$ zu kommen, muß man erkennen, daß $x^2 = 0{,}05$ ist, bzw. $x = \sqrt{0{,}05} = 0{,}224$. Wenn also mit dem Läufer 0,05 in Skala A eingestellt wird, kann $\sqrt{0{,}05} = 0{,}224$ in Skala D und $\sqrt{1 - 0{,}224^2} = 0{,}9747$ in Skala P abgelesen werden Damit wird $\sqrt{95} = 10 \cdot 0{,}9747 = 9{,}747$.

6. Skala $\sqrt{x^2 - 1}$ oder $\sqrt{1 + x^2}$

In letzter Zeit wurde wiederholt vorgeschlagen, technische Rechenstäbe durch die Skalen $\sqrt{x^2 - 1}$ oder $\sqrt{1 + x^2}$ zu ergänzen. In Verbindung mit der Grundskala D geben derartige Skalen neben ihrer rein algebraischen Verwendung auch die Koordinaten der Einheitshyperbel $x^2 - y^2 = 1$, zu deren Ausrechnung die gleichen Wurzelausdrücke $x = \sqrt{1 + y^2}$ und $y = \sqrt{x^2 - 1}$ benötigt werden.

Auf Grund der Wechselbeziehungen mit der Skala D kommt man mit einer der obigen Skalen aus. Die Skala $\sqrt{1 + x^2}$, die man H nennen sollte, verdient wohl den Vorzug wegen ihrer mehrfachen Verwendungsmöglichkeit.

Die Rechnungen im Zusammenhang mit der Einheits-Hyperbel bleiben in ähnlicher Weise auf Sonderfälle beschränkt, wie einige Vereinfachungen der Rechnungen in Bezug auf den Einheitskreis bei Verwendung der Skala P. Eine weitere Verwandtschaft der beiden Skalen P und H ergibt sich auch daraus, daß sich mit beiden Skalen Pythagorasrechnungen durchführen lassen.

Die Hypotenuse im rechtwinkligen Dreieck wird dann mit der Umformung

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

gerechnet. Abb. 9 zeigt den Rechengang.

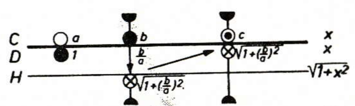


Abb. 9

Es sei jedoch in diesem Zusammenhang auf die einfachen Rechnungen mit den trigonometrischen Skalen verwiesen, wobei mit der gleichen Anzahl von Einstellungen nicht nur die Hypotenuse, sondern auch die Winkel berechnet werden.

Wie die Skalen P und D eine Wechselbeziehung zwischen dem Sinus und dem Kosinus eines Winkels herstellen, ermöglichen die Skalen D und H eine ähnliche Umrechnung vom Tangens zum Sekans. Das Rechteck des Einheitskreises mit der Kathete 1 zeigt den Zusammenhang:

$\sec\alpha = \sqrt{1 + \tan^2\alpha} = 1/\cos\alpha$

Eine praktische Anwendung besteht in der bequemen Umrechnung der Hyperbelfunktionen sinh x und cosh x

$\sinh x = \sqrt{\cosh^2 x - 1}$ und $\cosh x = \sqrt{1 + \sinh^2 x}$

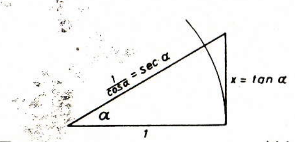


Abb. 10

Es erscheint fragwürdig, ob irgendeine Skala des ARISTO-Studio zugunsten einer solchen Skala H fortfallen darf. Bei einem Sonder-Rechenstab, wie z. B. dem ARISTO-HyperboLog mit den Skalen sinh x und tanh x würde der bequeme Übergang vom sinh x zum cosh x eine viel wichtigere Rolle spielen, weil dann cosh x leichter abzulesen ist als bisher, und die anderen Vorteile nebenbei erhalten werden.

(wird fortgesetzt)

Praktische Anwendungen des ARISTO-Studio in der Elektrotechnik (Fortsetzung aus Heft 1 und 2)

Von Dr.-Ing. Paul Thießen

1.6 Ermittlung der fehlenden Komponente eines Wechselstromwiderstandes

1.6.1 Zerlegung mit Winkel φ

Ist der Wechselstromwiderstand Z aus einer Wechselstrommessung bekannt und der ohmsche Anteil z. B. aus einer Gleichstrommessung, dann sind Rechnungen auszuführen von der Form

$$x = \sqrt{Z^2 - r^2}$$

Der Rechnungsgang ist ähnlich wie die Zerlegung unter 1.3 in Heft 1. Wir wählen als Beispiel $Z = 13\ \Omega$, $r = 5\ \Omega$ und machen uns die bereits erläuterten Beziehungen $\cos\varphi = \frac{1}{Z}\,r$; $x = Z\sin\varphi$ zunutze. Die Rechnung wird folgendermaßen ausgeführt:

13 (CF) über 10 (D). Läuferverschiebung auf 5 (CF) und Ablesung des Winkels $\varphi = 67{,}4°$ (S-roter Wert). Verschiebung des Läufers auf 67,4° (S-schwarzer Wert) liefert das Ergebnis $x = 12\ \Omega$ (CF).

$$\frac{Z}{1} = \frac{r}{\cos\varphi} = \frac{x}{\sin\varphi}$$

Gegeben: $Z = 13\ \Omega$
$r = 5\ \Omega$

Ergebnis: $x = 12\ \Omega$

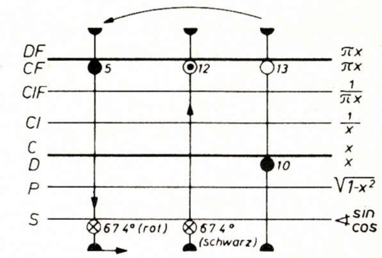


Abb. 28

1.6.2 Lösung mit Skala P

Es ist bei dieser Rechnung nicht unbedingt erforderlich, den Winkel selbst abzulesen. Man kann statt dessen auch die Beziehung $\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}$ verwenden. Es wird dann nach der Einstellung des Läufers auf 5 (CF) auf der P-Teilung abgelesen $\sin\varphi = 0{,}923$. Dieser Wert 0,923 wird nun mit dem Läufer auf der D-Teilung eingestellt, und man findet auf der CF-Teilung das Ergebnis $x = 12\ \Omega$

Da die Skala P die genauere Ablesung 0,9230 gestattet, läßt sich die Genauigkeit der Rechnung noch wesentlich steigern, wenn man rechnet:

$$x = Z \cdot 0{,}9230 = Z\,(1 - 0{,}0770) = 13 - 1{,}00,$$

wobei der Wert $Z \cdot 0{,}077$ bei unveränderter Stellung der Zunge durch Verschiebung des Läufers auf 77 (D) an der Teilung CF abgelesen werden kann.

1.6.3 Sehr kleine Komponente

Wird $r/Z < 0{,}1$, dann muß für die Winkelbestimmung die Teilung ST benutzt werden, und für die Bestimmung von x wird als Näherung verwendet $x \approx Z - \frac{r^2}{2Z}$.

Wir wählen als Beispiel $Z = 27\ \Omega$, $r = 1{,}23\ \Omega$. Wir stellen 27 (CF) über 10 (D), schieben den Läufer auf 1,23 (CF) und lesen den Winkel ab $\varphi = 87{,}39°$ (ST-roter Wert).

Gegeben: $Z = 27\ \Omega$

$r = 1{,}23\ \Omega$

Ergebnis: $\varphi = 87{,}39°$

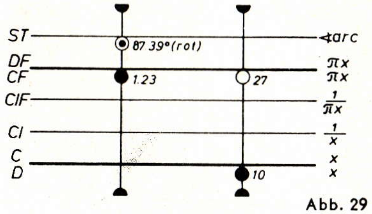


Abb. 29

Weiter wird

$$x \approx Z - \frac{r^2}{2\,Z} = 27 - \frac{1{,}23^2}{54} = 27 - 0{,}028 = 26{,}972\ \Omega$$

Man kann die Korrekturgröße auch näherungsweise im Kopf rechnen:

$$x \approx 27 - \frac{1{,}5}{50} = 27 - 0{,}03 = 26{,}97\ \Omega$$

Der Unterschied ist belanglos.

1.6.4 Sehr große Komponente

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse, wenn außer Z die große Komponente gegeben ist, welche nahezu gleich Z ist. Wir wählen als Beispiel $Z = 43\ \Omega$, $r = 42{,}6\ \Omega$. Für diesen Fall ist der folgende Rechnungsgang zu empfehlen:

$$x^2 = Z^2 - r^2 = (Z - r)\,(Z + r)$$

Die Differenz der Quadrate wird aufgespalten in das Produkt aus der Differenz und der Summe der beiden Zahlenwerte. Damit wird die Größe x^2 sehr genau berechnet. Der Winkel φ wird aus dem so bestimmten x und dem gegebenen Z berechnet. Im obigen Zahlenbeispiel wird

$$x^2 = 0{,}4 \cdot 85{,}6 = 34{,}24$$

$$x = 5{,}85\ \Omega;\ \sin\varphi = x/Z;\ \varphi = 7{,}82°$$

1.6.5 Benutzung der Skala P

Man kann auch für diese Rechnung sehr zweckmäßig die P-Teilung heranziehen. Es ist

$$\cos\varphi = \frac{r}{Z} = \frac{42{,}6}{43} = 1 - \frac{0{,}4}{43} = 1 - 0{,}00930 = 0{,}99070$$

Dieser Wert kann auf der P-Teilung sehr genau eingestellt werden und liefert damit sofort den Wert $\varphi = 7{,}82°$ (S). Weiter ist $x = Z \sin\varphi = 43 \sin 7{,}82°$. Die Stellung des Läufers bleibt unverändert, und es wird nur mit Hilfe der Zunge 43 (C) über 1 (D) eingestellt, so daß nun $x = 5{,}85\ \Omega$ (C) abgelesen werden kann.

Gegeben: $Z = 43\ \Omega$

$x = 42{,}6\ \Omega$

Ergebnis: $\varphi = 7{,}82°$

$x = 5{,}85\ \Omega$

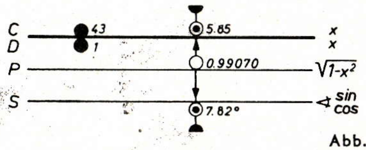


Abb. 30

Die zweite Methode ist noch etwas eleganter als die erste, hat aber den Nachteil, daß sie nicht mehr anwendbar ist, wenn der Winkel bzw. der Komplementwinkel kleiner als 5,7° wird. Das erste Verfahren ist daher das sicherste, welches man zum mindesten dann anwenden wird, wenn man im Zweifel sein kann, ob $\cos\varphi > 0{,}995$ (dies entspricht $\varphi < 5{,}7°$) werden kann.

1.7 Berechnung von Wechselstromblindwiderständen

Soll für eine beliebige Frequenz f der Wechselstromwiderstand $X_L = \omega L = 2\,\pi\,f\,L$ berechnet werden, dann stellt man 1 (C) über f (D) und schiebt den Läufer auf 2 (C).

Durch Übergang auf die um π versetzten Skalen ist dann bereits das Produkt $2\,\pi f$ gebildet. Die anschließende Multiplikation wird als Division mit dem Kehrwert gerechnet, dazu verschiebt man die Zunge so, daß L (CIF) unter dem Läuferstrich steht. Über 1 (CF) kann auf der DF-Skala das Ergebnis abgelesen werden. Das möge ein Zahlenbeispiel erläutern: Gegeben sei die Frequenz $f = 1484$ kHz und gesucht der Widerstand einer Induktivität von 0,18 mH. Wir stellen 1 (C) **über 1484** (D) und den Läuferstrich auf 2 (C). Dann wird 0,18 (CIF) unter den **Läuferstrich** geschoben und das Ergebnis über 1 (CF) zu 1,678 kΩ (DF) abgelesen. Das gleiche Ergebnis findet man natürlich auch unter 1 (C) auf der D-Skala.

Gegeben: $f = 1484$ kHz

$L = 0{,}18$ mH

Ergebnis: $X_L = 1{,}678\ \mathrm{k}\Omega$

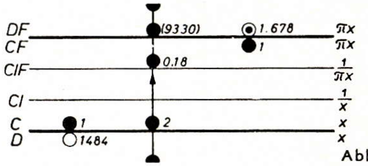


Abb. 31

Die Berechnung des Widerstandes einer Kapazität $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ wird auf entsprechende Weise durchgeführt. Man findet ω C über 1 (CF) in Skala DF, der reziproke Wert X_C steht dann unter 1 (DF) in Skala CF bzw. über 1 (D) in C.

Für die in der Nachrichtentechnik häufig vorkommenden Berechnungen von X_C und X_L bietet sich auch noch eine bessere Lösung an, mit der nach einer Zungeneinstellung beide Werte und auch noch die Umkehrungen dieser Rechnungen durch Verschieben des Läufers gefunden werden. Dazu ist es ratsam, sich die Marke $1/2\,\pi = 0{,}1592$ in Skala D und DF mit der Pelikan-Zeichentusche für Transparentfolien K einzuzeichnen. Man kann sich aber auch merken, daß diese Marke auf Skala D genau unter 5 (DF) liegt. Bringt man mit Hilfe des Läufers diese Marke $1/2\,\pi$ (D bzw. DF) mit der Frequenz f (C bzw. CF) zur Deckung, dann steht die Kreisfrequenz $\omega = 2\,\pi\,f$ (C) über 10 (D) und gleichzeitig auf CF gegenüber 1 (DF). Mit den Zahlenwerten obigen Beispiels ist also folgender Rechnungsgang anzuwenden:

Wir stellen mit Hilfe des Läufers unter 5 (DF) den Wert 1484 (C) ein. Dann können wir über 10 (D) den Wert für ω auf der C-Skala zu 9330 (C) ablesen. Den gleichen Wert finden wir auch unter der 1 (DF) auf der CF-Skala.

Anschließend müssen wir den Läufer auf 0,18 (D) einstellen und lesen $\omega L = 1{,}678\ \mathrm{k}\Omega$ (C) ab. Den gleichen Wert hätten wir auch bei 0,18 (DF) auf der CF-Skala ablesen können.

Bei dieser Einstellung können wir nun auch den Widerstand einer Kapazität bei derselben Frequenz berechnen. Wählen wir als Beispiel $C = 118$ pF, dann brauchen wir bei unveränderter Stellung der Zunge nur den Läufer auf 118 (D bzw. DF) zu stellen und lesen ab $X_C = 909\ \Omega$ (CI bzw. CIF).

Gegeben: $f = 1484$ kHz

$L = 0{,}18$ mH

$C = 118$ pF

Ergebnis: $X_L = 1{,}678\ \mathrm{k}\Omega$

$X_C = 909\ \Omega$

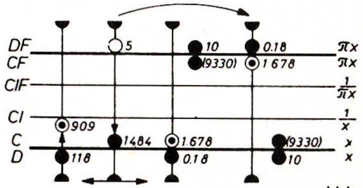


Abb. 32

1.7.1 Resonanzkreise

Wir können auf diese Weise auch sehr leicht die im Zusammenhang mit Resonanzkreisen immer wieder auftretende Frage beantworten: Wie groß muß der Kondensator sein, damit sein Blindwiderstand X_C genau so groß wird wie X_L einer gegebenen Induktivität L. Bleiben wir bei dem eben berechneten Wert $X_L = 1{,}678\ \mathrm{k}\Omega$, dann finden wir die zugehörige Kapazität $C = \frac{1}{\omega X_C}$, indem wir den Läufer auf der CI-Teilung auf 1,678 (CI) einstellen und dann auf der Teilung D den gesuchten Wert $C = 63{,}9$ pF (D) ablesen. Dieselbe Ablesung könnten wir auch von CIF nach DF machen. Die Tatsache, daß diese drei Rechnungen nun immer bei unverschobener Zungenstellung ausgeführt werden können, ist ein sehr großer Vorteil.

Gegeben: $f = 1484$ kHz
$X_C = 1{,}678$ kΩ
Ergebnis: $C = 63{,}9$ pF

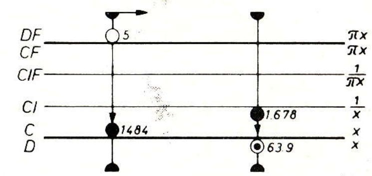


Abb. 33

Es wird jedem, der die erläuterten Rechnungen häufig auszuführen hat, empfohlen, die vorgeschlagene $\frac{1}{2\pi}$-Marke wenigstens auf der DF-Skala anzubringen. Man kann die Rechnung nicht immer mit den Skalen C, D und CI durchführen, wenn man ein Durchschieben der Rechenstabzunge vermeiden will.

Den Rechnungsgang bei Verwendung der $\frac{1}{2\pi}$-Marke auf der DF-Skala zeigt die folgende Aufgabe:

Es ist ein Resonanzkreis zu berechnen für die Frequenz $f = 755$ kHz, bei dem die beiden Blindwiderstände X_C und X_L den Wert 1,25 kΩ haben.

Wir stellen die Frequenz 755 (CF) mit Hilfe des Läufers unter die $\frac{1}{2\pi}$-Marke (DF). Dann verschieben wir den Läufer auf 1,25 (CF) und lesen ab $L = 0{,}264$ mH (DF). Jetzt schieben wir den Läufer auf 1,25 (CIF) und lesen den Wert der Kapazität ab $C = 169$ pF (DF). Das Beispiel zeigt, daß auch diese Aufgabe in einfachster Weise gelöst werden kann.

Gegeben: $f = 755$ kHz
$X_C = X_L = 1{,}25$ kΩ
Ergebnis: $L = 0{,}264$ mH
$C = 169$ pF

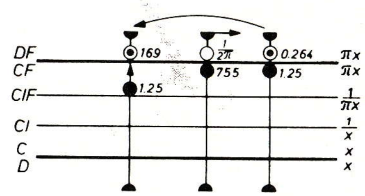


Abb. 34

1.8 Bestimmung der Resonanzfrequenz

Eine weitere Aufgabe, welche häufig vorkommt, ist die Berechnung der Resonanzfrequenz bei gegebener Induktivität L und gegebener Kapazität C. Es gilt die bekannte Beziehung

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\,C}}$$

Wir rechnen auf der Rückseite des Rechenstabes mit den Teilungen A und B das Produkt LC aus, lassen den Läufer auf dem Ergebnis stehen und drehen den Rechenstab um. Dann steht auf der Teilung D der Zwischenwert $\sqrt{LC}$ und auf der Teilung DF das Produkt $\pi\sqrt{LC}$. Wir schieben mit der Zunge die 2 (CIF) unter den Läuferstrich. Dann steht 1 (CF) gegenüber $2\pi\sqrt{LC}$ (DF) oder 1 (DF) auf der gesuchten Resonanzfrequenz f (CF).

Wir wählen als Zahlenbeispiel eine Induktivität $L = 0{,}18$ mH und eine Kapazität $C = 220$ pF. Um Fehler bei der Berechnung der Wurzel aus LC zu vermeiden, ist es zweckmäßig, die gegebenen Größen L und C so zu schreiben, daß nur geradzahlige

Zehnerpotenzen auftreten und die weiteren Zahlenangaben sich auf Werte zwischen 1 und 100 beschränken. Für unser Beispiel gelten dann die Größen $L = 1{,}8 \cdot 10^{-4}$ H und $C = 2{,}2 \cdot 10^{-10}$ F. Wir stellen 1 (B) unter 1,8 (A) und erhalten durch Verschieben des Läufers auf 2,2 (B) den Wert LC, der nicht abgelesen wird. Wir wenden den Rechenstab und schieben mit der Zunge 2 (CIF) unter den Läuferstrich. Die gesuchte Resonanzfrequenz kann damit unter 1 (DF) zu $f = 800$ kHz (CF) abgelesen werden.

Gegeben: $L = 0{,}18$ mH $= 1{,}8 \cdot 10^{-4}$ H
$C = 220$ pF $= 2{,}2 \cdot 10^{-10}$ F
Ergebnis: $f = 800$ kHz

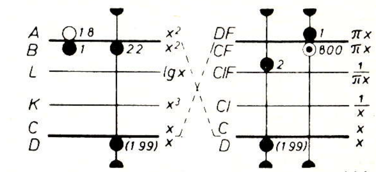


Abb. 35

Wir kontrollieren dieses Ergebnis zur Vergrößerung der Rechensicherheit, indem wir die gefundene Frequenz 800 kHz (CF) unter die $\frac{1}{2\pi}$ - Marke (DF) stellen. Nun lesen wir ab bei $L = 1{,}8$ (DF) den Wert $X_L = 905\ \Omega$ (CF) und bei $C = 2{,}2$ (DF) den Wert $X_C = 905\ \Omega$ (CIF). Diese Kontrolle bestätigt die Richtigkeit der obigen Rechnung und liefert gleichzeitig noch den Blindwiderstand, der oft benötigt wird.

1.9 Blindstromkompensierung

1. Beispiel (Einphasenlast)

Ein Wechselstromverbraucher entnimmt bei einer Spannung von 220 V eine Scheinleistung von 2,6 kVA bei einem $\cos\varphi = 0{,}72$. Durch Parallelschalten eines Kondensators soll der Blindstrom vollständig kompensiert werden. Die Kapazität dieses Kondensators ist zu ermitteln. Dazu ist die Berechnung der Blindleistung $P_b = P \cdot \sin\varphi$ erforderlich.

Wir schieben 2,6 (CF) über 10 (D) und den Läufer auf 0,72 (P). Dann steht auf der D-Skala der Wert $\sin\varphi$, den wir nicht abzulesen brauchen, und wir können auf CF die Blindleistung $P_b = 1{,}804$ kVA ablesen. Diese Blindleistung soll kompensiert werden. Es ist beim Kondensator $P_b = U \cdot I = U^2 \cdot \omega\, C$, also $C = \frac{P_b}{U^2\,\omega}$. Wir stellen den Läufer auf 1,804 (DF) und teilen durch U, indem wir 220 (CF) darunter einstellen. Wir teilen ein zweites Mal durch U, indem wir den Läufer auf der Teilung CIF auf 220 schieben. Wir können jetzt das Zwischenergebnis P_b/U^2 auf DF ablesen. Das ist aber nicht notwendig, denn die Division mit $\omega = 314\ \mathrm{s}^{-1}$ wird durch den Übergang auf die Teilung D sofort mit erledigt, so daß wir jetzt auf der Teilung D den gesuchten Wert der Kapazität finden $C = 118{,}8\ \mu$F.

Gegeben: $U = 220$ V
$P = 2{,}6$ kVA
$\cos\varphi = 0{,}72$
Ergebnis: $P_b = P \cdot \sin\varphi = 1{,}804$ kVA
$$C = \frac{P_b}{U^2\,\omega} = 118{,}8\ \mu\mathrm{F}$$

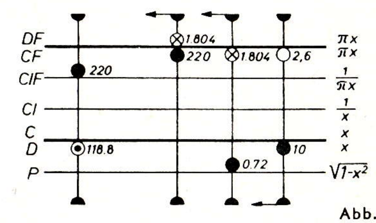


Abb. 36

2. Beispiel (Drehstromlast)

Ein Drehstromverbraucher entnimmt bei einer Spannung von 6 kV eine Wirkleistung von 540 kW und eine Blindleistung von 385 BkW. Es sollen drei Kondensatoren in Dreieck eingeschaltet werden, um den $\cos\varphi$ auf den Wert 0,9 zu vergrößern.

Bei Kompensierung ist die restliche Blindleistung $P'_b = P_w \cdot \tan \varphi'$.

Diese Blindleistung wird ermittelt, indem wir die Wirkleistung 540 (C) über 10 (D) einstellen. Nun müßte der Läufer auf φ' (T) geschoben werden, damit P'_b auf Skala C abgelesen werden kann. Den Wert für φ' erhalten wir, wenn wir den Läuferstrich auf 0,9 (P) schieben und $\varphi' = 25{,}83°$ (S) als Zwischenergebnis ablesen. Wie Abb. 37 zeigt, erhält man schließlich

$$P'_b = 261{,}4 \text{ BkW}.$$

Ergebnis: a)

$$\varphi' = 90° - \varphi = 25{,}83°$$

$$P'_b = P_w \cdot \tan 25{,}83° = 261{,}4 \text{ BkW}$$

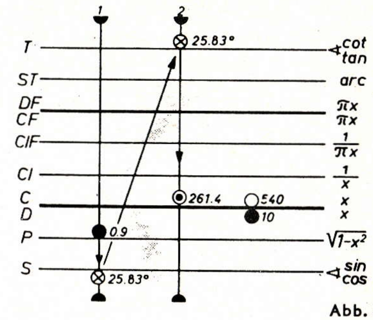


Abb. 37

Die Differenz der wirklich vorhandenen Blindleistung 385 BkW und dieser zugelassenen von 261,4 BkW ist durch Kondensatoren zu kompensieren. Die Blindleistung der drei Kondensatoren ist also $3 \cdot P_C = 123{,}6$ BkW. Ein Kondensator nimmt demnach 41,2 BkW auf. Es ist $P_C = U^2 \omega C$, also $C = P_C / U^2 \omega$.

Wir schieben den Läufer auf 41,2 (DF) und teilen durch $U^2 = 36$ (CF). Das Ergebnis $C = 3{,}65\ \mu F$ lesen wir dann unter 1 (CF) auf der Teilung D ab, so daß die Division mit $\omega = 314$ bereits enthalten ist.

Ergebnis: b) $C = \dfrac{P_b}{U^2 \omega} = 3{,}65\ \mu F$

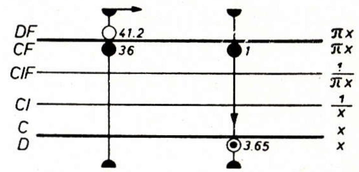


Abb. 38

2. Schaltvorgänge

In der Elektrotechnik sind Schaltvorgänge häufig. Die dabei auftretenden zeitabhängigen Spannungs- bzw. Stromverläufe gehorchen in Schaltungen mit nur einem Energiespeicher (Induktivität oder Kapazität) Gesetzen der Form

$$x = x_{max}\ e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{oder} \quad x = x_{max}\ (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}).$$

Dabei bedeutet:
x = Augenblickswert der betrachteten physikalischen Größe.
x_{max} = Höchstwert von x.
e = Basis des natürlichen Logarithmus.
t = Betrachtungszeitpunkt
τ = Zeitkonstante.

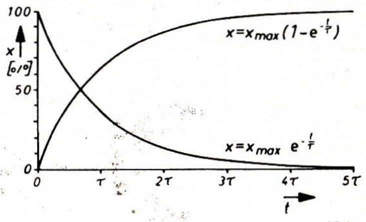


Abb. 39

Betrachten wir einige Beispiele, um daran die zweckmäßige Anwendung des Rechenstabes ARISTO-Studio kennenzulernen.

2.1 Entladung eines Kondensators

Ein Kondensator $C = 4\ \mu F$ ist auf eine Spannung $U_{max} = 220$ V aufgeladen. Prinzipschaltung siehe Abb. 40. Er wird durch Schließen der Taste T über einen Widerstand von $R = 1\ k\Omega$ entladen. Dann beträgt die Zeitkonstante

$$\tau = R \cdot C = 1\ k\Omega \cdot 4\ \mu F = 4 \text{ ms}$$

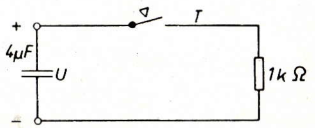


Abb. 40

Gefragt ist die Spannung, die nach einer Entladezeit von t = 5 ms am Kondensator noch vorhanden ist.

$$u = U_{max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 220\text{ V} \cdot e^{-\frac{5}{4}} = 220\text{ V} \cdot e^{-1{,}25}$$

Die Rechnung beginnt damit, daß wir 1 (C) über 220 (D) stellen, und den Läufer auf 1,25 der D-Skala der Rechenstabrückseite schieben, um auf der LL03-Skala (sie ist auch mit e^{-x} bezeichnet) den Wert 0,287 für $e^{-1{,}25}$ abzulesen. Mit dieser Größe wird dann in üblicher Weise die bereits eingestellte Spannung von 220 V multipliziert. Läufer auf 0,287 (C) liefert das Ergebnis 63,0 (D).

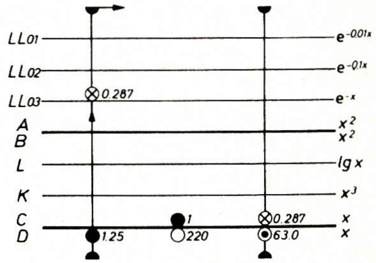


Abb. 41

2.2 Ermittlung einer Geschoßgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit eines Geschosses kann auf folgende Weise ermittelt werden:

Bei A und B sind dünne Drähte als Verbindungen eingeschaltet, die von dem Geschoß getrennt werden. Die Laufzeit von A nach B wird durch die Entladung des Kondensators C über den Widerstand R gemessen. Es werden die folgenden Werte angenommen:

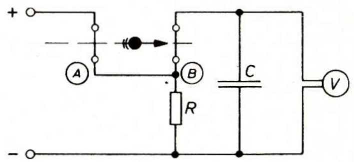


Abb. 42

Spannung des statischen Voltmeters vor der Messung 108 V, nach der Messung 63,5 V. Die Entfernung von A nach B beträgt 1 m. $C = 4\ \mu F$, $R = 1{,}04\ k\Omega$.

Nach Auftrennen der Verbindung A verläuft die Spannung am Kondensator nach der e-Funktion

$$u_c = U_{max} \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$$

Nach Auftrennen der Verbindung B bleibt die Spannung unverändert. Aus den beiden Spannungsmessungen errechnen wir

$$\frac{u_c}{U_{max}} = \frac{63{,}5\text{ V}}{108\text{ V}} = 0{,}588$$

$$e^{-\frac{t}{R \cdot C}} = 0{,}588$$

$$\frac{t}{R \cdot C} = 0{,}53$$

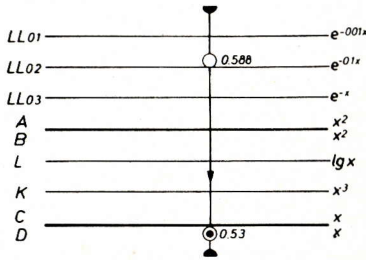


Abb. 43

Wir schieben auf der Rückseite des Rechenstabes den Läufer auf 0,588 (LL02) und lesen den Exponenten ab, nämlich $\dfrac{t}{R \cdot C} = 0{,}53$ (D). Aus den gegebenen Werten für R und C folgt $R \cdot C = 4{,}16$ ms, also

$$t = 2{,}21 \text{ ms} \quad \text{und} \quad v = \frac{AB}{t} = 453 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2.3 Messung des Widerstandes von Isolierstoffen

Bei beliebigen Kondensatoren, welche vollständig mit einem Isolierstoff (Dielektrikum) gefüllt sind, ist die Entladezeitkonstante ganz allgemein

$$\tau = \frac{\varepsilon_o \cdot \varepsilon_r}{\varkappa}$$

An einem konzentrischen Kabel werden folgende Werte gemessen: Zu Beginn der Messung ist die Spannung an dem abgeschalteten Kabel 220 V. Sie sinkt innerhalb einer Stunde auf 186 V ab (Messung mit statischem Voltmeter!). ε_r ist durch eine vorangegangene Messung zu 2,2 ermittelt.

Es ist
$$e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{186\ \mathrm{V}}{220\ \mathrm{V}} = 0{,}845$$

Wir schieben den Läufer auf 0,845 (LL02) und lesen ab: $\frac{t}{\tau} = 0{,}1684$. Daraus ergibt sich $\tau = 5{,}94$ Stunden $= 21\,380$ s. Damit wird die spezifische Leitfähigkeit

$$\varkappa = \frac{\varepsilon_o \cdot \varepsilon_r}{\tau}$$

$$\varkappa = \frac{8{,}85 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{A \cdot s \cdot V^{-1} \cdot cm^{-1}} \cdot 2{,}2}{21\,380\ \mathrm{s}}$$

$$\varkappa = 9{,}11 \cdot 10^{-16}\ \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{V \cdot m}}$$

2.4 Bestimmung der Güte eines Resonanzkreises

Die Spannung an dem gezeichneten frei ausschwingenden Schwingkreis ist:

$$u = \hat{u} \cdot e^{-\frac{\omega_o \cdot t}{2Q}} \cdot \sin(\omega t + \varphi); \quad (\hat{u} = u_{max})$$

$$Q = \frac{\omega_o L}{r}$$

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

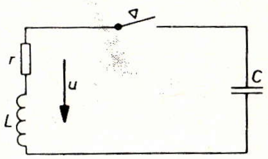


Abb. 44

Dabei ist bei mäßigen Dämpfungen die wirklich auftretende Kreisfrequenz ω nahezu gleich der Kreisfrequenz ω_o des ungedämpften Kreises. Messen wir die Zeit t als Vielfaches der Periodendauer $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega_o}$, dann können wir auch schreiben

$$t = nT = \frac{2\pi n}{\omega_o}$$

wobei n die Anzahl der vollen Perioden ist.

Damit heißt der Ausdruck

$$u = \hat{u} \cdot e^{-\frac{\pi \cdot n}{Q}} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Die Messung sei als Oszillogramm gegeben, wie Abb. 45 zeigt.

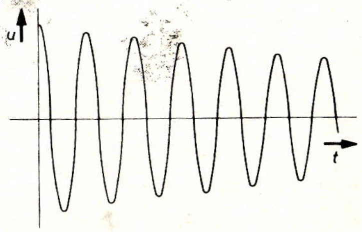


Abb. 45

Wir messen die Amplitude u_1 (27,8 mm) und die Amplitude u_6 (19,1 mm). Die Zahl der vollen Perioden beträgt dabei n = 5. Bei den Höchstwerten muß $\sin(\omega t + \varphi) = 1$ sein.

Damit erhalten wir: $$\frac{u_6}{u_1} = e^{-\frac{\pi 5}{Q}} = \frac{19{,}1}{27{,}8} = 0{,}687$$

$$\frac{\pi \cdot 5}{Q} = 0{,}375$$

$$\frac{\pi}{Q} = \frac{0{,}375}{5}$$

$$Q = 41{,}9$$

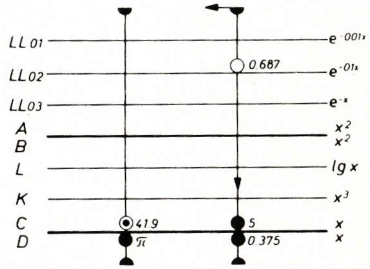


Abb. 46

Wir schieben den Läufer auf 0,687 (LL02) und lesen den Exponenten ab $\frac{\pi \cdot 5}{Q} = 0{,}375$ (D). Daraus folgt die Güte Q des Kreises, indem wir bei unveränderter Läuferstellung 5 (C) über 0,375 (D) einstellen, dann den Läufer auf π (D) schieben und das Ergebnis auf der C-Skala ablesen.

Es ist nicht notwendig, daß zunächst durch eine normale Rechnung das Verhältnis u_1/u_6 ermittelt wird, um davon dann den Logarithmus auf der LL-Teilung abzulesen. Es kann vielmehr die Differenz der beiden Logarithmen gebildet werden. Dieses Verfahren ist einfacher und daher für eine orientierende Auswertung zu empfehlen. Die Genauigkeit der Rechnung ist aber im allgemeinen geringer. Sie kann jedoch durch Anwendung einiger Kunstgriffe gesteigert werden, was im folgenden gezeigt werden soll.

Wir bleiben bei dem gleichen Zahlenbeispiel. Wir hatten oben berechnet:

$$-\ln \frac{u_1}{u_6} = -\ln 0{,}687 = 0{,}375$$

Wir können auch auf der Skala LL3 ablesen:

$$\begin{aligned} \ln u_1 - \ln u_6 &= \ln 27{,}8 - \ln 19{,}1 \\ &= 3{,}33 - 2{,}95 \\ &= 0{,}38 \end{aligned}$$

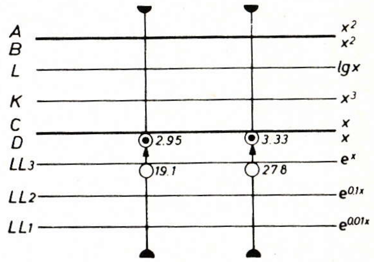


Abb. 47

Die Genauigkeit dieses Wertes ist geringer, weil er aus der Differenz zweier ziemlich großer Zahlen gebildet wurde. Wir können aber die Genauigkeit steigern, indem wir nicht mit den Werten 27,8 und 19,1, sondern mit 2,78 und 1,91 rechnen, was auf das Verhältnis keinen Einfluß hat. Dann wird:

$$\begin{aligned} \ln \frac{u_1}{10} - \ln \frac{u_6}{10} &= \ln 2{,}78 - \ln 1{,}91 \\ &= 1{,}022 - 0{,}647 \\ &= 0{,}375 \end{aligned}$$

Hier ist die Differenz im Verhältnis zu den Zahlen, aus denen sie gebildet wurde, schon größer und daher das Ergebnis genauer.

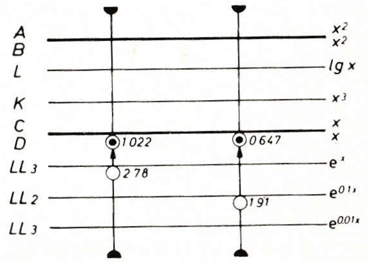


Abb. 48

Statt die beiden Ausgangswerte mit 0,1 zu multiplizieren, können wir sie auch mit 0,04 multiplizieren. Dann wird:

$$\ln 0{,}04\, u_1 - \ln 0{,}04\, u_6 = \ln 1{,}112 - \ln 0{,}764$$
$$= 0{,}1061 + 0{,}2692$$
$$= 0{,}3753$$

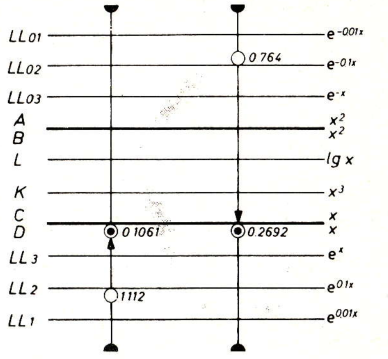


Abb. 49

In diesem Falle wird nicht die Differenz, sondern die Summe zweier Werte gebildet. Das ist offenbar das günstigste (der mit Logarithmentafel berechnete Wert beträgt 0,375413). Umrechnungen mit dem Faktor 4 wird man aber vermeiden und sich auf die Zehnerpotenzen und den Faktor 2 oder 0,5 beschränken. Tendenz muß dabei sein, die Zahlenwerte möglichst symmetrisch, d. h. um den gleichen Faktor unter bzw. über 1 zu bringen. Wie man auf diese Weise zweckmäßig eine Meßreihe auswertet, zeigt das nächste Beispiel. (wird fortgesetzt)

Das Rechnen mit Läuferstrichen

Von Dipl.-Ing. Waldemar Schuchardt

Jeder Rechenstab wird überwiegend zum Multiplizieren und zum Dividieren benutzt. Handelt es sich um häufig wiederkehrende Rechnungen mit immer den gleichen Faktoren, so können wir in günstigen Fällen den Rechnungsgang wesentlich vereinfachen, indem wir uns der zusätzlichen Läuferstriche bedienen, die auf jedem Rechenstabläufer zu finden sind. Diese zusätzlichen Läuferstriche werden auch als „Marken" bezeichnet.

Der größte Teil dieser Marken ist auf den langen Läufermittelstrich bezogen. Der Übergang vom Mittelstrich zu einer rechtsliegenden Marke bedeutet die Addition einer Strecke „log a" und somit beim Stabrechnen die Multiplikation mit einem konstanten Faktor a. Entsprechend bedeutet der Übergang von der Marke zum Läufermittelstrich eine Division mit a oder, anders ausgedrückt, eine Multiplikation mit dem Reziprokwert von a. Der Übergang vom Mittelstrich zu einer linken Marke kann ebenfalls als Division gedeutet werden.

Die Deutung als Multiplikation ist häufig zweckmäßiger und soll daher an einem einfachen Beispiel erläutert werden. Es sei das Produkt 8 · 9 mit den Skalen A und B zu berechnen. Wir addieren zur Strecke „log 8" die Strecke „log 9" und erhalten als Ergebnis die Strecke „log 72". In der üblichen Rechnungsgangbeschreibung heißt das:

Wir verschieben die Rechenstabzunge so, daß die 1 der Skala B unter der 8 der Skala A steht. Mit Hilfe des Läufers können wir nun über der 9 (B) das Ergebnis 72 (A) ablesen. Das gleiche Ergebnis erhalten wir auch über der roten 9 der Skala B (Überteilung), wobei die rote 9 der Überteilung von der vorher verwendeten schwarzen 9 eine logarithmische Teilungslänge entfernt ist.

Wir sehen daraus, daß eine Multiplikation mit dem Faktor 9 auf dem Rechenstab sowohl durch Läuferverschiebung um die Strecke „log 9" nach rechts als auch um die Strecke „Teilungslänge minus log 9" nach links (siehe Abb. 1) möglich ist.

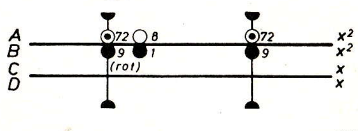


Abb. 1

Einer Läuferverschiebung gleichwertig ist der Übergang von einem Läuferstrich zu einem anderen. Mithin ist der Übergang vom langen Mittelstrich zur linken Marke als Multiplikation zu deuten.

Wir wollen uns nun mit der Anwendung solcher Marken an Hand einiger Beispiele vertraut machen.

1. Die Marke 1,36

Sie gehört zu den Quadratskalen A und B und ist auf den Läufern folgender Rechenstabtypen zu finden: Simplex, Scholar, Rietz, MultiRietz, Studio, MultiLog und HyperboLog. Bei den Rechenstabtypen Darmstadt und Elektro finden wir zwei Läuferstrichmarken, die auf die Grundskalen C bzw. D bezogen sind und untereinander den Abstand „log 1,36" haben.

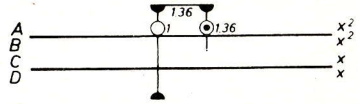


Abb. 2

Wenn auch die folgenden Beispiele auf die Quadratskalen bezogen werden, so ist der Rechnungsgang für die Rechenstabtypen Darmstadt und Elektro den geschilderten Beispielen doch so ähnlich, daß sie ohne Schwierigkeiten auf diese Typen angewendet werden können.

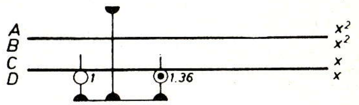


Abb. 3

Die Marke 1,36 kann zur Umrechnung von Leistungsgrößen verwendet werden. Die entsprechende Einheitengleichung lautet:

$$1\ \text{kW} = 1{,}36\ \text{PS}$$

Wählen wir als Beispiel P = 14 kW, so schieben wir den Läufermittelstrich auf 14 (A) und können das Ergebnis unter der Marke zu P = 19,04 PS (A) ablesen.

14 kW = 19,04 PS

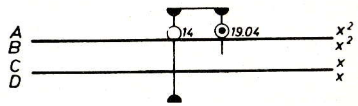


Abb. 4

Ist eine Umrechnung von der Einheit PS auf die Einheit kW erforderlich, so lautet die Einheitengleichung:

$$1\ \text{PS} = \frac{1}{1{,}36}\ \text{kW} = 0{,}736\ \text{kW}$$

Wählen wir als Beispiel P = 316 PS, so stellen wir den kurzen Läuferstrich auf 3,16 (A) und lesen das Ergebnis unter dem langen Mittelstrich ab: P = 232 kW (A).

316 PS = 232 kW

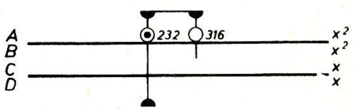


Abb. 5

Wir können derartige Umrechnungen auch gleich in einen umfangreicheren Rechnungsgang einbauen. Wählen wir als Beispiel die folgende Aufgabe:

Ein Elektromotor gibt an eine Arbeitsmaschine eine Leistung von $P_{abg} = 7{,}32$ PS ab.

Der Wirkungsgrad des Elektromotors beträgt $\eta = 0{,}89$.

Gefragt ist die Leistung P_{aufg}, die der Motor aus dem Netz aufnimmt.

Die Formel für den Wirkungsgrad lautet allgemein:

$$\eta = \frac{P_{abg}}{P_{aufg}}.$$

Daraus ergibt sich die Größengleichung:

$$P_{aufg} = \frac{P_{abg}}{\eta}.$$

Bezogen auf die Einheiten PS für die abgegebene Leistung und kW für die aufgenommene Leistung lautet die Zahlenwertgleichung:

$$P_{aufg} = \frac{P_{abg}}{1{,}36\,\eta}. \quad [P_{aufg} \text{ in kW; } P_{abg} \text{ in PS}]$$

Wir schieben den kurzen Läuferstrich auf 7,32 (A). Den Zahlenwert für die abgegebene Leistung in kW finden wir zwar unter dem langen Läuferstrich zu 5,38 (A), brauchen ihn aber nicht abzulesen. Wir verschieben die Zunge so, daß 0,89 (B) unter dem langen Läuferstrich steht. Das gesuchte Ergebnis können wir nun über der 1 (B) zu 6,05 kW (A) ablesen.

$P_{abg} = 7{,}32$ PS
$\eta = 0{,}89$
$P_{aufg} = 6{,}05$ kW

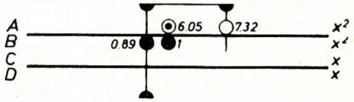


Abb. 6

In gleicher Weise gehen wir vor, wenn andere mit dem Faktor 1,36 behaftete Größen umgerechnet werden sollen, wie dies etwa bei der Gleichung für Druckeinheiten

$$1 \text{ Torr} = 1{,}36 \text{ p/cm}^2$$
$$1 \text{ at} = 735{,}6 \text{ Torr}$$

der Fall ist.

2. Die Marke 36

Auf den Vorderseiten der Läufer zweiseitiger Rechenstäbe, die mit den um π versetzten Skalen CF und DF ausgerüstet sind, finden wir oben rechts einen kurzen Strich. Um seine Bedeutung ablesen zu können, stellen wir den langen Mittelstrich des Läufers auf 1 (C) oder (D) und lesen auf der Skala CF bzw. DF an dem kurzen Strich ab: 36 (CF oder DF). Wir multiplizieren also mit 36, wenn wir von den Normalskalen C bzw. D auf die versetzten Skalen CF bzw. DF übergehen und das Ergebnis an dem kurzen Strich ablesen.

2.1 Geschwindigkeiten

Sollen Geschwindigkeiten von der Einheit m/s in die Einheit km/h umgerechnet werden, so geht man von der bekannten Beziehung 1 m/s = 3,6 km/h aus. Wählen wir das Beispiel v = 42,5 m/s, so brauchen wir nur den Läufermittelstrich auf 42,5 (D) einzustellen, um das Ergebnis v = 153 km/h (DF) sofort unter dem kurzen Strich ablesen zu können.

42,5 m/s = 153 km/h.

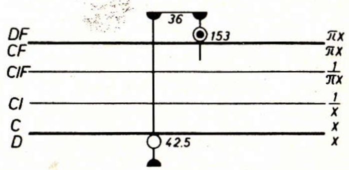


Abb. 7

Ist dagegen eine Umrechnung von der Einheit km/h in die Einheit m/s erforderlich, so lautet die Einheitengleichung: 1 km/h $= \frac{1}{3{,}6}$ m/s. Wählen wir das Beispiel v = 67 km/h, so stellen wir den kurzen Läuferstrich auf 67 (DF) und lesen unter dem mittleren Läuferstrich auf der D-Skala ab: v = 18,61 m/s.

67 km/h = 18,61 m/s

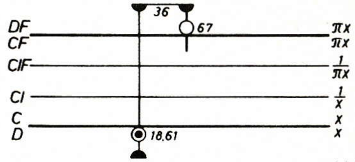


Abb. 8

Muß die Geschwindigkeit aus dem Weg s = 63,2 m und der Zeit t = 28,4 s berechnet werden, so lautet die Gleichung $v = \frac{63{,}2 \cdot 3{,}6}{28{,}4}$ und es ist folgender Rechnungsgang zu empfehlen:

Stellen wir den Läufer (großer Mittelstrich) auf 63,2 (D), dann steht die Marke 36 auf 63,2 · 3,6 = 226,5 (DF). Wir verschieben nun die Zunge so, daß 28,4 (CF) unter der 36-Marke steht. Das Ergebnis v = 8,01 km/s (DF) steht dann auf der DF-Skala über der 1 (CF).

Gegeben: s = 63,2 m
t = 28,4 s
Ergebnis: v = 8,01 km/s

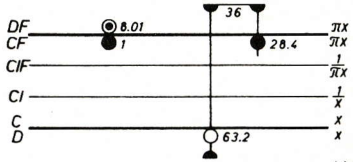


Abb. 9

Ist die Geschwindigkeit vorgegeben (z. B.: 50 km/h) und soll berechnet werden, welche Strecke in einer gegebenen Zeit (z. B.: 23,5 s) zurückgelegt wird, so gibt die Zahlenwertgleichung

$$s = \frac{v}{3{,}6} \cdot t \quad \text{(Geschwindigkeit v in km/h; Zeit t in s; Weg s in m)}$$

gleichzeitig die Rechenvorschrift an:

Wir stellen den kurzen Läuferstrich auf 50 (DF) und verschieben die Zunge so, daß 1 (C) unter dem langen Läuferstrich steht. Wird nun der Läufer auf 23,5 (C) verschoben, so kann darunter auf der D-Skala das Ergebnis s = 326,4 m (D) abgelesen werden.

Gegeben: v = 50 km/h
t = 23,5 s
Ergebnis: s = 326,4 m

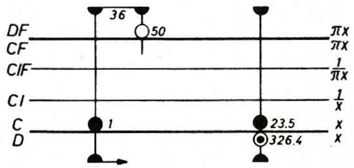


Abb. 10

Noch einfacher wird der Rechnungsgang, wenn wir statt mit t zu multiplizieren mit dem Reziprokwert von t dividieren, was natürlich am Ergebnis nichts ändert.

Wie vorher stellen wir den kurzen Läuferstrich auf 50 (DF) und verschieben nun aber die Zunge so, daß 23,5 auf der Reziprokskala CI unter dem langen Läuferstrich steht. Das Ergebnis können wir dann ohne weitere Läufereinstellung unter 10 (C) ablesen.

Gegeben: v = 50 km/h
t = 23,5 s

Ergebnis: s = 326,4 m

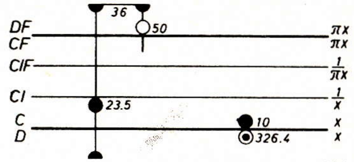


Abb. 11

Dieser Rechnungsgang hat außerdem den Vorteil, daß man das Ergebnis in jedem Fall ablesen kann. Bei dem Rechnungsgang nach Abb. 10 können Fälle auftreten, bei denen die Zunge nach links statt nach rechts verschoben werden muß, um das Ergebnis ablesen zu können. Abb. 12 zeigt das Rechenstabdiagramm für einen solchen Fall.

Gegeben: v = 11,8 km/h
t = 3,2 s

Ergebnis: s = 10,49 m

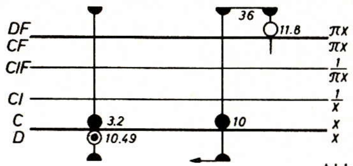


Abb. 12

Ist nicht von vornherein aus den gegebenen Zahlenwerten eindeutig zu ersehen, nach welcher Seite die Zunge verschoben werden muß, so empfiehlt es sich, den Rechnungsgang mit der versetzten Skala CF aufzubauen.

Mit den Werten des letzten Zahlenbeispiels stellen wir ein: Kurzer Läuferstrich auf 11,8 (DF). Nun verschiebt man die Zunge so, daß 1 (CF) unter dem langen Läuferstrich steht. Danach wird der Läufer auf 3,2 (CF) verschoben und auf der D-Skala das Ergebnis s = 10,49 m (D) abgelesen.

(wird fortgesetzt)

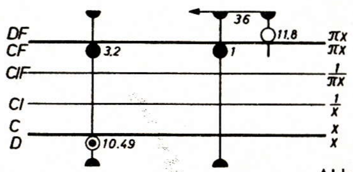


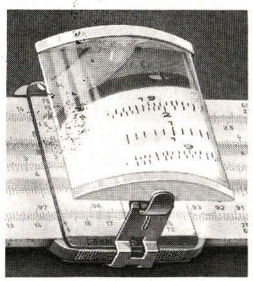
Abb. 13

Lupen für Rechenstäbe

Wenn Sie einen Lupenläufer benötigen, lassen Sie sich bitte unsere Lupen LZ und LA vorführen. Die Vergrößerung der Skalen durch den Lupenläufer wird Sie überraschen. Sie werden erfreut feststellen, daß die Ablesung ganz wesentlich deutlicher wird.

Besitzen Sie einen Rechenstab älterer Bauweise (z. B. Rietz, Darmstadt), brauchen Sie den Lupenläufer LZ mit der hochziehbaren Lupe.

Die hier abgebildete Aufsetzlupe LA läßt sich wahlweise auf die Vorderseite oder Rückseite eines Zweiseitenläufers klemmen.



Aufsetzlupe LA

ARISTO-Tips

Tip 3: Strichmarken nach eigenen Wünschen

Halten Sie die Anbringung einer Strichmarke auf Ihrem Rechenstab oder Läufer für praktisch? Dann greifen Sie schnell zur Selbsthilfe und wählen unter den verschiedenen Möglichkeiten:

Soll die Markierung nur vorübergehend ausgenutzt werden, beschreiben Sie den Rechenstab mit Ihrem Füllhalter oder mit einem weichen Bleistift. Derartige Striche können Sie leicht wieder abwaschen. Dagegen dürfen Rechenstäbe niemals mit Kugelschreiber oder Kopierstift beschrieben werden.

Dauerhafter und sauberer ist ein Strich mit Zeichentusche. Da die üblichen Perltuschen schnell abplatzen, nehmen Sie besser eine Zeichentusche für transparente Folien von Günther Wagner (Pelikan). Die Sorten C und T haften gut und können mit Deparol (s. Tip 4) wieder entfernt werden.

Für eine bleibende Markierung kommt nur die Sorte K in Frage, die sowohl das weiße als auch das transparente ARISTOPAL anätzt und demzufolge nicht mehr weggewaschen werden kann, ohne die Oberfläche zu beschädigen. Eine solche Zeichentusche ist auch hervorragend zur Kennzeichnung des eigenen Rechenstabes geeignet und schützt ihn vor Verwechslung.

Sie können auch Striche in das Material einritzen, wenn Sie den nötigen Mut besitzen. Dazu eignet sich eine billige Radierfeder oder Nadel. Diese Markierung wird am besten mit einem rußbeschmutzten Finger eingeschwärzt.

Tip 4: Reinigung des Rechenstabes

Sie haben mehr Freude an Ihrem Rechenstab, wenn Sie ihn stets sauberhalten. Nutzen Sie seine Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und reinigen Sie ihn ab und zu mit Wasser oder mit unserem Spezialreinigungsmittel DEPAROL. Die kleine Flasche kostet wenig und reicht für eine lange Zeit. Auch unsere Maßstäbe und Zeichendreiecke sind nicht wasserscheu, sie danken für die kleine Mühe der Reinigung durch bessere Zeichengenauigkeit.

ARISTO

MITTEILUNGEN FÜR INGENIEUR- UND HOCHSCHULEN

Aus dem Inhalt:

Heft 3
Januar 1960

DENNERT & PAPE · ARISTO-WERKE · HAMBURG

ARISTO