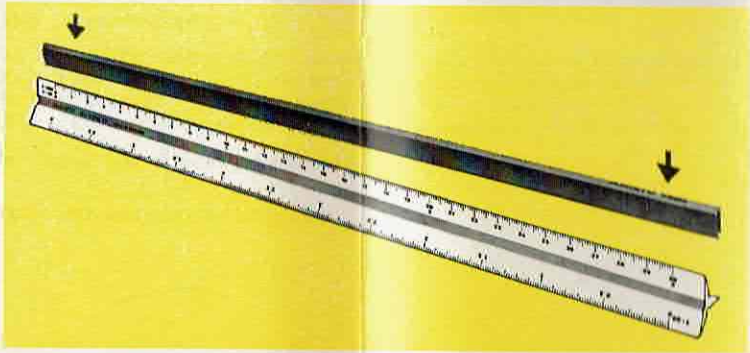
ARISTO

ARISTO-Dreikant-Maßstäbe mit Griffleiste

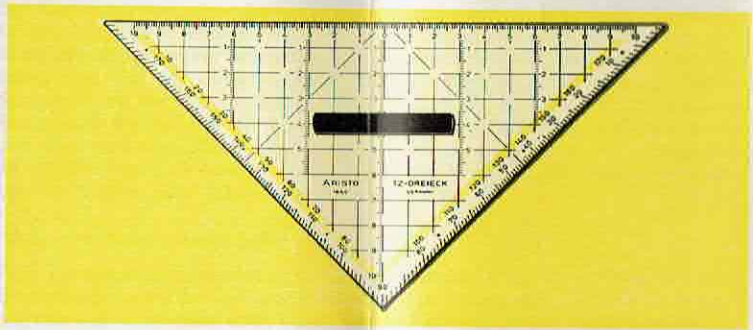
Bei allen ihren Vorzügen wiesen Dreikant-Maßstäbe bisher einen Nachteil auf. Nimmt man sie zur Hand, so wird viel Zeit damit verbracht, durch Drehen und Wenden die gewünschte Teilung zu finden. Dieses Problem hat ARISTO erfolgreich gelöst.

ARISTO-Dreikant-Maßstäbe erhalten ohne Mehrpreis eine durchgehende, aufsteckbare und zweifarbige Griffleiste, die auf einen Blick die gesuchte Teilung erkennen läßt. Die sanfte Wölbung der Griffleiste „entschärft" auch die obenliegende Facette, deren Kante sich beim Arbeiten unangenehm in die Hand drückt.



ARISTO-TZ-Dreieck

Das praktische Zeichendreieck mit den unerschöpflichen Anwendungsmöglichkeiten wird aus unzerbrechlichem, maßbeständigem und transparentem ARISTOPAL gefertigt. Millimeter-Teilungen senkrecht zur Hypotenuse und das 1-cm-Gitternetz erleichtern das Schraffieren, das Zeichnen von Parallelen, symmetrischen Figuren, rechten Winkeln sowie das Auftragen und Ablesen rechtwinkliger Koordinaten. Die Winkelteilung ist in 360° oder 400g lieferbar.



ARISTO-PRODUKTIONSPROGRAMM

Rechenstäbe · Rechenscheiben · Maßstäbe · Zeichengeräte
Planimeter · Schichtgravurgeräte
Manuelle und numerisch gesteuerte Koordinatographen

Verlangen Sie von Ihrem Fachhändler unsere ausführlichen Einzelprospekte

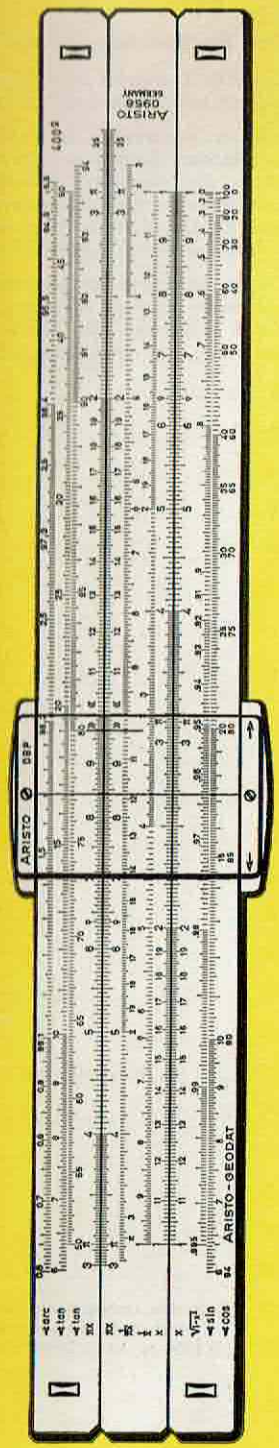
ARISTO-WERKE · DENNERT & PAPE KG
2 HAMBURG 50

ANLEITUNG ZUM RECHENSTAB

ARISTO

GEODÄT

0958



Der Rechenstab ARISTO-Geodät 0958

Der ARISTO-Geodät ist ein Zweiseiten-Rechenstab moderner Konstruktion mit zusätzlichen Sonderskalen für spezielle Aufgaben des Vermessungsingenieurs.

Auf der Vorderseite sind alle die Skalen untergebracht, die für die täglich anfallenden Rechnungen benötigt werden. Mit Hilfe der versetzten Skalen lassen sich die Multiplikationen, Tabellenrechnungen und Fehlerverteilungen usw. ohne Durchschieben der Zunge durchführen. Die Winkelfunktionsskalen sind für die häufig vorkommenden Berechnungen rechtwinkliger Dreiecke auf den Körperleisten angeordnet.

Die Sonderskalen für tachymetrische Rechnungen und einige Hilfsskalen des bekannten Systems Rietz sind auf der Rückseite vereinigt. Beide Seiten sind durch Justierung des Läufers aufeinander bezogen, so daß während der Rechnung von einer Seite auf die andere übergegangen werden kann.

INHALT

DER RECHENSTAB ARISTO-GEODÄT

1. Die Skalenanordnung

Normalseite

Kleine Winkel, ∢ sin ≈ ∢ tan ≈ ∢ arc geteilt im Bogenmaß von 33′ bis 6° bzw. 0,6ᵍ bis 6,5ᵍ	∢ arc	auf dem Körper
Tangensskala von 5° 30′ bis 45° bzw. 6ᵍ bis 50ᵍ	∢ tan	
Tangensskala von 45° bis 84° 30′ bzw. 50ᵍ bis 94ᵍ	∢ tan	
Um π versetzte Grundskala	πx	
Um π versetzte Grundskala	πx	auf der Zunge
Reziprokskala zur Skala πx	$1/\pi x$	
Reziprokskala zur Grundskala x	$1/x$	
Grundskala	x	
Grundskala	x	auf dem Körper
Pythagoreische Skala	$\sqrt{1-x^2}$	
Sinusskala von 5° 30′ bis 90° bzw. 6ᵍ bis 100ᵍ	∢ sin	
rücklaufend rot beziffert von 0° bis 84° 30′ bzw. 0ᵍ bis 94ᵍ	∢ cos	

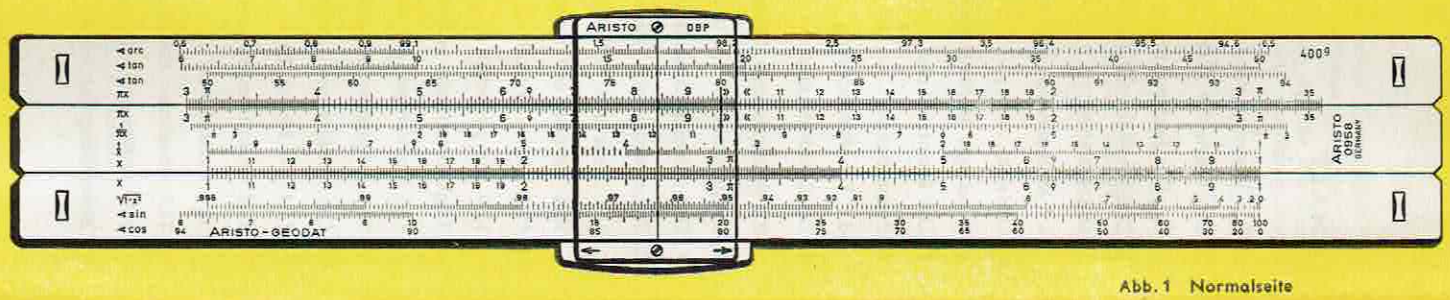


Abb. 1 Normalseite

Tachymeterseite

Zweiteilige Reduktionsskala für Entfernungsmessung mit waagerechter Meßlatte und Neigungen von 15′ bis 28° bzw. 0,25ᵍ bis 30ᵍ, bezogen auf die Skala x^2	1 − cos	auf dem Körper
Quadratskala	x^2	
Quadratskala	x^2	auf der Zunge
Skala für Pythagorasproben (Spannungskontrollen)	$1/\mathrm{tg}\,\alpha/2$	
Skala zur Berechnung von Höhenunterschieden, zweiteilig, für Neigungen von 30′ bis 45° bzw. 0,6ᵍ bis 50ᵍ	sin cos	
Reduktionsskala für Entfernungsmessung mit senkrechter Tachymeterlatte und Neigungen von 0° bis 45° bzw. 0ᵍ bis 50ᵍ	$\cos^2$	
Grundskala	x	auf dem Körper
Mantissenskala der dekadischen Logarithmen	$\lg x$	
Kubikskala	x^3	

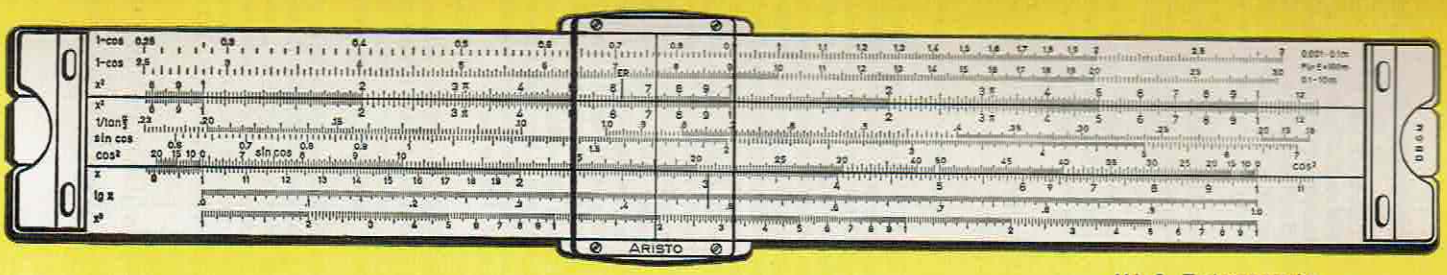


Abb. 2 Tachymeterseite

2. Das Lesen der Skalen

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

Abb. 3 Die Hauptintervalle

Im Bereich der Ziffern 1 bis 2 ähnelt die Skala dem Teilungsbild eines Millimeter-Maßstabes, der Unterschied besteht nur darin, daß die Teilungsintervalle nach rechts hin immer kleiner werden.

Abb. 4 Ablesen im Bereich von 1 bis 2

Die Ziffer 2 eines Millimeter-Maßstabes kann 2 cm, 20 mm, 0,2 dm, 0,02 m usw. gelesen werden; d. h. abgesehen von der Dimension tritt die 2 in Verbindung mit verschiedenen Zehnerpotenzen auf. Ähnlich sagt auch die Ziffer der Rechenstabskala nichts über die Kommastellung aus. Deshalb ist es ratsam, nur Ziffernfolgen ohne Komma abzulesen und die Ziffern einzeln zu sprechen, z. B. Eins-Drei-Vier, nicht aber einhundertvierunddreißig. Dann werden auch keine Ziffern vertauscht oder ausgelassen. Zur Übung verschiebt man den Läuferstrich langsam vom Wert 1 nach rechts und liest an jedem einzelnen Teilstrich ab: 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113 usw.
Der Läuferstrich ist im Vergleich zur Breite des Intervalls so dünn, daß man die Mitte zwischen zwei Teilstrichen sicher einstellen kann. Das Auge unterscheidet aber auch kleine Bruchteile eines Intervalls, so daß man bei einiger Übung den zehnten Teil des Intervalls schätzen kann.
Zur Übung wird der Läuferstrich langsam weiter nach rechts verschoben, zwischen den Teilstrichen 1310 und 1320 wird beispielsweise geschätzt: 1311, 1312, 1313, 1314, 1315 usw.
Zwischen einem bezifferten Teilstrich und dem ihm folgenden sind die Nullen zu beachten, besonders am Beginn der Skala, z. B. 1000, 1001, 1002, 1003 usw. (vgl. 1007, 1095 in Abb. 4).

Abb. 5 Ablesen im Bereich von 2 bis 4

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

Abb. 6 Ablesen im Bereich von 4 bis 10

Im Bereich von 4 bis 10 springen die Markierungen um 5 Einheiten, so daß die Ablesungen an den aufeinanderfolgenden Teilstrichen 400, 405, 410, 415, 420, 425, 430 usw. lauten.
Die Zwischenwerte müssen geschätzt werden, in der Mitte zwischen 400 und 405 liegt der Wert 4025, etwas links davon 402, etwas rechts 403. Entsprechend gibt die Mitte des nächsten Intervalls den Wert 4075 an. Abb. 6 zeigt eine Reihe von Einstellungen.

2.1 Das Rechenprinzip

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

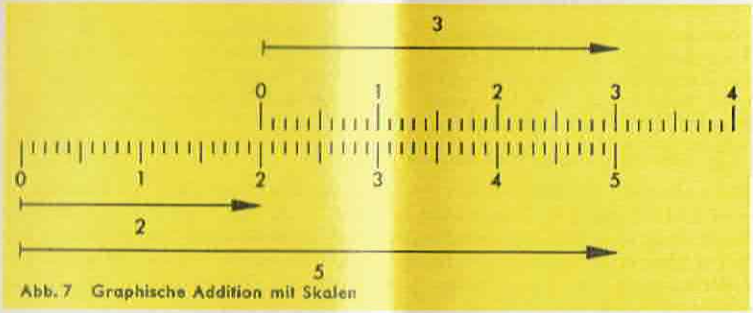


Abb. 7 Graphische Addition mit Skalen

Abb. 7 zeigt das Beispiel 2 + 3 = 5. Wenn der Anfang des oberen Maßstabes über den Wert 2 des unteren Maßstabes gelegt wird, kann zu dieser eingestellten Strecke 2 mit Hilfe der oberen Skala beispielsweise die Strecke 3 addiert werden. Unter der 3 des oberen Maßstabes steht das Ergebnis 5 in dem unteren Maßstab. In der Abb. 7 könnte ebenfalls abgelesen werden 2 + 1 = 3 oder 20 + 15 = 35, wenn die Millimeter abgezählt werden.
Auch die Subtraktion 5 — 3 = 2 läßt sich aus der Abb. 7 ablesen, der Vorgang wird dann nur umgekehrt. Von der Strecke 5 der unteren Skala wird die Strecke 3 der oberen Skala abgezogen, dazu werden die Werte 5 und 3 übereinandergestellt und unter dem Anfang der oberen Skala steht das Ergebnis 2 in der unteren Skala.
Beim Rechenstab befinden sich die Teilungen auf einem festen Körper und auf einer darin verschiebbaren Zunge. Die Eigenart des Rechenstabes liegt darin, daß logarithmisch geteilte Skalen aufgetragen sind. Die Addition zweier Strecken gibt damit eine Multiplikation, und die Subtraktion wird zur Division.

3. Diagrammdarstellung der Beispiele

Im folgenden soll eine abgekürzte Darstellungsweise der Beispiele angewendet werden, die den Lösungsweg und die Reihenfolge der Einstellungen besser angibt als die übliche Abbildung des Rechenstabes. Die Skalen werden durch parallele Linien angedeutet, an deren Ende die Benennung steht. Folgende Symbole ermöglichen das Lesen der Diagramme:

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

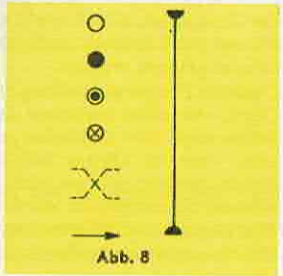


Abb. 8

4. Multiplikation

(Zwei Strecken der logarithmischen Teilungen werden addiert.)

Beispiel: $1{,}6 \cdot 3{,}7 = 5{,}92$

Die linke 1 der Zungenskala x über den Faktor 1,6 auf der Grundskala x stellen und den Läufer zum Wert 3,7 der Zungenskala x verschieben. Das Ergebnis 5,92 unter dem Läuferstrich auf Skala x ablesen. Die Kommastellung ergibt sich durch eine Überschlagsrechnung mit stark abgerundeten Werten, hier z. B. $2 \cdot 3 = 6$.

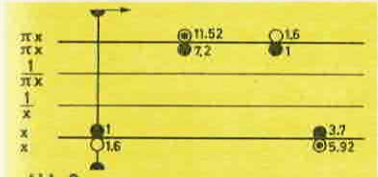


Abb. 9

Wenn anschließend die Aufgabe $1{,}6 \cdot 7{,}2$ gerechnet werden soll, liegt der Faktor 7,2 in Zungenskala x bereits außerhalb der Körperskala x. In diesem Falle muß die Zunge durchgeschoben werden. D. h. die rechte 1 der Zungenskala x wird über den Faktor 1,6 gestellt. Unter 7,2 der Zungenskala x steht das Ergebnis 11,52 in Körperskala x.

4.1 Multiplikation mit den πx-Skalen

Die versetzten Skalen gleichen den Grundskalen, sind aber um den Faktor $\pi = 3{,}142$ gegen die Grundskalen versetzt. D. h. der Wert π der versetzten Skalen liegt über dem Skalenanfang bzw. -ende der Grundskalen und damit die $\gg 1 \ll$ etwa in der Mitte des Rechenstabes. Die versetzten Skalen sind sozusagen Überteilungen der Grundskalen, mit denen das Durchschieben der Zunge eingespart wird.

Die Aufgabe $1{,}6 \cdot 7{,}2$ kann somit bei gleicher Zungenstellung mit den πx-Skalen gerechnet werden, wenn der Faktor 7,2 in der Zungenskala πx aufgesucht und das Ergebnis 11,52 darüber in der Körperskala πx abgelesen wird. Multiplikationen werden vorteilhafter mit den versetzten Skalen begonnen; dann entfällt die Überlegung, mit welchem Skalenende der Grundskalen die Multiplikation begonnen werden soll.

Die Zungenskalen x und πx sind gelb eingefärbt, da besonders beim Tabellenrechnen die Faktoren auf der Zungenskala x über der Körperskala x oder aber auf der Zungenskala πx unter der Körperskala πx eingestellt werden.

5. Division

(Zwei Strecken der logarithmischen Teilungen werden subtrahiert.)

Beispiel: $\frac{47{,}5}{22{,}2} = 2{,}14$ Überschlag: $\frac{50}{25} = 2$

Zähler 47,5 auf dem Körper und Nenner 22,2 auf der Zunge übereinander stellen. Das Ergebnis 2,14 unter der Zungeneins auf der Körperskala ablesen, bei anderen Beispielen gegebenenfalls unter dem Zungenende (z. B. $47{,}5 : 6{,}05 = 7{,}85$). Über der 1 der Zungenskala πx kann das Ergebnis auf der Skala πx natürlich ebenfalls abgelesen werden.

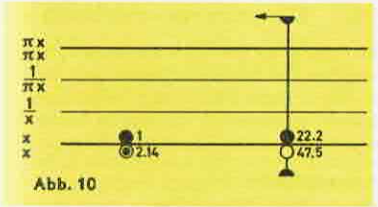


Abb. 10

Dieselbe Zungeneinstellung gilt aber auch für die Multiplikation $2{,}14 \cdot 22{,}2 = 47{,}5$. Der Unterschied zwischen der Multiplikation und Division besteht nur in der Reihenfolge der Einstellungen. Bei der Division wird das Ergebnis jeweils unter dem im Körper befindlichen Zahlenanfang oder -ende abgelesen, ein Durchschieben gibt es nicht. Dieser Vorteil wird in den folgenden Kapiteln wiederholt ausgenutzt werden.

Die Einstellung der Division mit den πx-Skalen bringt den Vorteil, daß die Zahlenwerte wie in der Bruchschreibweise übereinander gestellt werden.

6. Vereinigte Multiplikation und Division

Bei Rechnungen mit Ausdrücken der Form $\frac{a \cdot b}{c}$ wird grundsätzlich zuerst dividiert und dann multipliziert. Mit mehreren Faktoren im Zähler und Nenner abwechselnd dividieren und multiplizieren.

Beispiel: $\frac{32}{12} \cdot 27 = 72$

Überschlag: $\frac{30}{10} \cdot 30 = 90$

Nach der Division 32 : 12 in Abb. 12 braucht das Zwischenergebnis 2,66 nicht abgelesen zu werden, denn der Rechenstab ist bereits für die anschließende Multiplikation eingestellt. Der Läufer wird vom Wert 27 der Zungenskala x verschoben. Das Ergebnis 72 steht dann darunter in der Grundskala x.

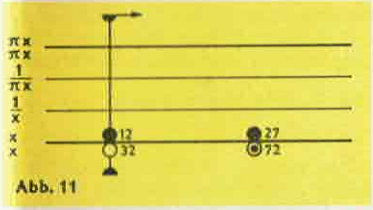


Abb. 11

7. Die Kehrwertskalen 1/x und 1/πx

Die Kehrwertskala entspricht in allen Teilen ihrer Grundskala, sie ist jedoch in der entgegengesetzten Richtung geteilt und von rechts nach links rot beziffert. Auf diese Weise steht jedem Wert x oder πx der Grundskala der reziproke Wert 1/x oder 1/πx gegenüber. Mit Hilfe dieser Skalenkombination kann jede Multiplikation in eine Division und jede Division in eine Multiplikation verwandelt werden, z. B. ist:

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

Die Kehrwertskala kommt hauptsächlich bei Multiplikationen mit mehreren Faktoren der Form $a \cdot b \cdot c$ oder $\frac{a}{b \cdot c \cdot d}$ zur Anwendung.

Beispiel: $2{,}18 \cdot 42{,}5 \cdot 0{,}85 = 78{,}7$

Überschlag: $2 \cdot 40 \cdot 1 = 80$

Rechengang: $\frac{2{,}18}{1/42{,}5} \cdot 0{,}85$

2,18 auf der Grundskala x und 42,5 auf der Reziprokskala 1/x übereinanderstellen, dann mit 0,85 weitermultiplizieren.

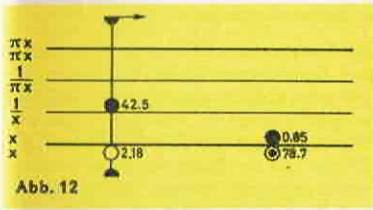


Abb. 12

In der gleichen Weise wird die Skala 1/πx zusammen mit den Skalen πx verwendet. Aus der Zusammenarbeit mit der oberen und unteren Skalengruppe ergeben sich häufig Vereinfachungen.

8. Proportionen

Proportionen der Form $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} \ldots$ sind mit dem Rechenstab besonders bequem zu berechnen, weil mit der Einstellung eines Verhältnisses alle weiteren Relationen allein durch Verschieben des Läufers abgelesen werden können.

Die Trennungslinie zwischen der Körper- und Zungenskala bildet dabei gleichsam den Bruchstrich. Diese Rechnungsart sollte allgemein bevorzugt werden.

Beispiel: Eine Zeichnung soll im Verhältnis 1 : 2,5 verkleinert werden. Die Maße 38, 64, 94 und 16 sind umzurechnen.

Das Verhältnis 1 : 2,5 wird eingestellt, die gesuchten Maße 15,2; 25,6; 37,6 und 6,4 mm können gegenüber den gegebenen Werten abgelesen werden.

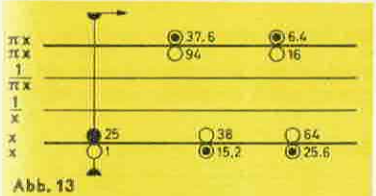


Abb. 13

8.1 Tabellenrechnung

Die Tabellenrechnung ist eine Abart der Proportionsrechnung.

Sollen mehrere Werte mit einem konstanten Faktor multipliziert werden, so genügt eine Zungeneinstellung für alle Rechnungen, ohne daß ein Durchschieben der Zunge erforderlich wird.

Diese Aufgabe kommt in der Vermessungspraxis häufig vor, z. B. bei Fehlerverteilungen, Berücksichtigung von Schrumpfungsmaßen eines Planes, bei Kleinpunktberechnungen, in der Ausgleichsrechnung bei der Aufstellung und Reduktion der Normalgleichungen.

Beispiel einer Fehlerverteilung:

Der Abschlußfehler 11,2 cm einer Messungslinie von 243,50 m Länge soll auf die Messungswerte 34,24; 51,40; 87,25; 125,38 und 173,52 proportional verteilt werden.

Die Werte 11,2 und 243,5 werden übereinander eingestellt, dann wird mit dem Läufer multipliziert.

Die Verbesserung für den Messungswert 34,24 ist:

$$x = \frac{11{,}2}{243{,}5} \cdot 34{,}24 = 1{,}57 \text{ cm}$$

Abb. 14

Wenn mit den Skalen x nicht weitergerechnet werden kann, wird auf den oberen Skalen πx abgelesen.

Es besteht durchaus die Möglichkeit, auch das Verhältnis $\frac{243{,}5}{11{,}2}$ einzustellen, d. h. die Funktion der Skalen zu vertauschen, wenn nur die weiteren Verhältnisse auf den zugehörigen Skalen abgelesen werden. Bei der Rechnung mit Proportionen tritt sehr deutlich zutage, daß die Lösung der bisherigen Beispiele nicht an einen vorgeschriebenen Lösungsweg gebunden ist. Im Verlaufe dieser Anleitung wird dieses Prinzip der Verhältnisrechnung öfter angewandt werden, wobei der Zähler auf der Zunge und der Nenner auf dem Körper sich wie in der Schreibweise gegenüberstehen, und die Trennungslinie zwischen den Skalen sozusagen den Bruchstrich bildet.

9. Die Quadratskalen

Die bisher angeführten Beispiele der Multiplikation und Division können auch mit den Quadratskalen ganz analog gerechnet werden, jedoch ist die Genauigkeit der Ablesung geringer.

9.1 Potenzen und Wurzeln der Form a^2, $\sqrt[2]{a}$, a^3, $\sqrt[3]{a}$, $a^{2/3}$, $a^{3/2}$

Zu jeder Einstellung des Läuferstriches auf einen Wert der Skala x kann auf der Skala x^2 der Quadratwert und auf der Skala x^3 der Kubikwert abgelesen

werden. Im umgekehrten Rechengang ergeben sich die Quadrat- und Kubikwurzeln.

Analog können Potenzwerte für die Winkelfunktionen nach Wenden des Rechenstabes ermittelt werden.

Die Einstellung von c in Skala x^2 gibt den Wert $c^{3/2}$ in Skala x^3 und in der umgekehrten Ableserichtung gibt die Einstellung von b in Skala x^3 den Wert $b^{2/3}$ in Skala x^2.

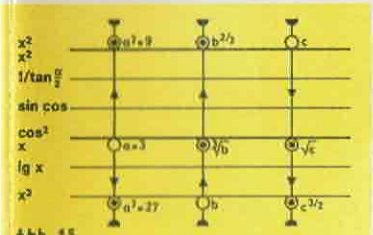


Abb. 15

10. Logarithmen

Dekadische Logarithmen einer Zahl werden der Skala lg x entnommen, indem für die Einstellung auf der Grundskala x der Mantissenwert abgelesen wird. Die Kennziffer wird wie beim Rechnen mit der Logarithmentafel zugefügt. Der Rechenstab gibt damit eine 3—4stellige Log-Tafel, womit auch gelegentlich höhere Potenzen berechnet oder logarithmische Rechnungen kontrolliert werden können.

11. Die pythagoreische Skala $\sqrt{1-x^2}$

In einem rechtwinkligen Dreieck mit der Hypotenuse 1 gilt:

$y = \sqrt{1 - x^2}$ und $x = \sqrt{1 - y^2}$

Daraus ergibt sich die Wechselbeziehung zwischen den Skalen x und $\sqrt{1 - x^2}$

Beispiel: $y = \sqrt{1-0{,}6^2} = 0{,}8$

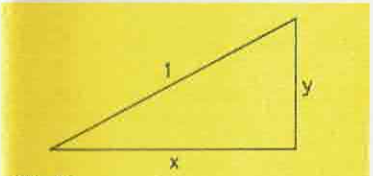


Abb. 16

Der Wert 0,6 kann auf beiden Skalen eingestellt werden, jedesmal erscheint die Lösung auf der Nachbarskala unter dem Läuferstrich. Man wählt jeweils die für die Genauigkeit günstigste Ableseart. Im Beispiel

$\sqrt{1 - 0{,}15^2} = 0{,}9887$

wird der Wert 0,15 auf der Skala x eingestellt, um das Ergebnis vierstellig zu erhalten. Der Vorteil gegenüber der Einstellung auf der Skala $\sqrt{1 - x^2}$ ist augenscheinlich.

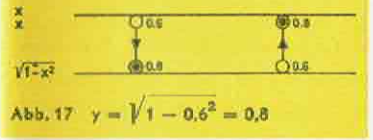


Abb. 17 $y = \sqrt{1 - 0{,}6^2} = 0{,}8$

Die Skala $\sqrt{1 - x^2}$ ist von rechts nach links geteilt und daher rot beziffert. Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich aus der Wechselbeziehung zwischen der Sinus- und Kosinusfunktion und bei der trigonometrischen Auflösung rechtwinkliger Dreiecke.

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

Mit einer Läufereinstellung kann für einen Winkel sowohl der Sinus als auch der Kosinus abgelesen werden.

12. Trigonometrische Funktionen

Alle Winkelfunktionsskalen sind auf die Grundskala x bezogen und in Altgrad oder Neugrad geteilt. Wegen der Anordnung der Winkelfunktionsskalen auf der

Körperleiste können die Funktionswerte eingestellter Winkel mit dem Läuferstrich direkt in den Skalen x, 1/x oder $\sqrt{1 - x^2}$ abgelesen werden.

Die Beispiele dieser Anleitung sind für 360°-Teilung und 400ᵍ-Teilung durchgerechnet. Für die Umrechnung von einer Teilungsart in die andere kann die folgende Zusammenstellung benutzt werden.

$1^g = 54'$	$1^\circ = 1{,}111^g$
$1^c = 32{,}4''$	$1' = 1{,}852^c$
$1^{cc} = 0{,}324''$	$1'' = 3{,}086^{cc}$

Zur Reduktion der Winkel auf den 1. Quadranten sind die Beziehungen der Winkelfunktionen untereinander in folgender Tabelle zusammengestellt:

	$\pm\alpha$	$\left.\begin{matrix}90^\circ\\100^g\end{matrix}\right\}\pm\alpha$	$\left.\begin{matrix}180^\circ\\200^g\end{matrix}\right\}\pm\alpha$	$\left.\begin{matrix}270^\circ\\300^g\end{matrix}\right\}\pm\alpha$
sin	$\pm\sin\alpha$	$+\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$
cos	$+\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\pm\sin\alpha$
tan	$\pm\tan\alpha$	$\mp\cot\alpha$	$\pm\tan\alpha$	$\mp\cot\alpha$
cot	$\pm\cot\alpha$	$\mp\tan\alpha$	$\pm\cot\alpha$	$\mp\tan\alpha$

12.1 Sinus und Kosinus

Wird ein Winkelwert mit dem Läuferstrich in Skala ∢ sin eingestellt, so steht in Skala x der entsprechende Wert der Sinusfunktion. Auf Grund der Beziehung $\cos\alpha = \sin(90^\circ - \alpha)$ gilt die Skala ∢ sin auch für die Kofunktion, sie ist deshalb rücklaufend rot beziffert. Alle in der Grundskala x abgelesenen Sinus- und Kosinuswerte beginnen mit 0,....

Die Sinuswerte großer Winkel und die Kosinuswerte kleiner Winkel lassen sich auf diese Weise nur unsicher einstellen oder ablesen. Deshalb wird der Winkel besser in der Skala für die Kofunktion eingestellt und der Funktionswert in der Skala $\sqrt{1 - x^2}$ vier- bzw. fünfstellig abgelesen.

Im Zusammenwirken der Skalen gilt die Farbregel:

Bei der Sinusfunktion immer gleiche Farben,
bei der Kosinusfunktion immer ungleiche Farben einstellen und ablesen.

$\sin 26{,}50^g = 0{,}404$

$\sin 80{,}25^g = \sqrt{1 - \cos^2 80{,}25^g} = 0{,}9522$

$\sin 139{,}78^g = \cos 39{,}78^g = 0{,}811$

$\arcsin 0{,}543 = 36{,}54^g,\ 163{,}46^g$ usw.

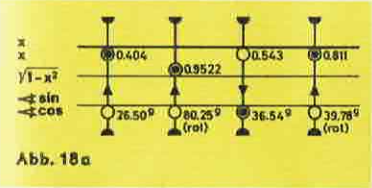


Abb. 18a

$\sin 26^\circ 30' = 0{,}446$

$\sin 73^\circ 15 = \sqrt{1 - \cos^2 73^\circ 15'} = 0{,}9576$

$\sin 133^\circ 24' = \cos 43^\circ 24' = 0{,}726$

$\arcsin 0{,}543 = 32^\circ 53',\ 147^\circ 07'$ usw.

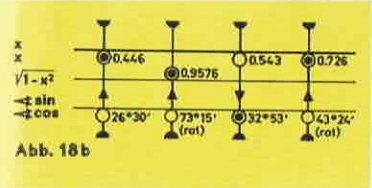


Abb. 18b

$\cos 84^g = 0{,}2487$

$\cos 26{,}28^g = \sqrt{1 - \sin^2 26{,}28^g} = 0{,}9160$

$\cos 271{,}50^g = -\cos 71{,}50^g = -0{,}433$

$\arccos 0{,}1372 = 91{,}24^g$

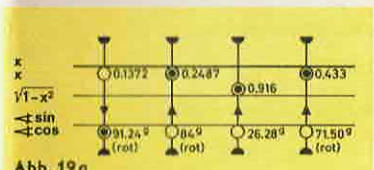


Abb. 19a

$\cos 75^\circ = 0{,}2588$

$\cos 23^\circ 50' = \sqrt{1 - \sin^2 23^\circ 50'} = 0{,}9147$

$\cos 245^\circ 35' = -\cos 65^\circ 35' = -0{,}413$

$\arccos 0{,}1372 = 82^\circ 07'$

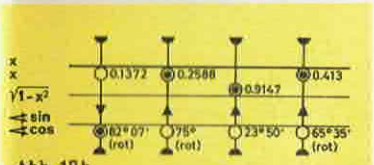


Abb. 19b

12.2 Tangens und Kotangens

Die Tangensskala ist zweiteilig; von 6ᵍ bis 50ᵍ die obere und von 50ᵍ bis 94ᵍ die untere. (Beim Geodät 360° reicht die obere Skala von 5° 30′ bis 45° und die untere von 45° bis 84° 30′.)

Zu den in den Tangensskalen eingestellten Winkeln werden die Tangenswerte in Skala D abgelesen. Zu den in der oberen Skala eingestellten Winkeln ($\alpha < 50^g$ oder $\alpha < 45^\circ$) liegen die Funktionswerte zwischen 0,1 und 1,0; zu den in der unteren Tangensskala eingestellten Winkeln ($\alpha > 50^g$ oder $\alpha > 45^\circ$) zwischen 1,0 und 10,0.

Die Kotangenten werden gemäß der Formel $\cot\alpha = 1/\tan\alpha$ jeweils reziprok zum Tangens abgelesen.

$\tan 16{,}30^g = 0{,}2618$

$\tan 70^g = 1{,}963$

$\tan 255{,}41^g = \tan 55{,}41^g = 1{,}186$

$\arctan 0{,}555 = 32{,}25^g;\ 232{,}25^g$ usw.

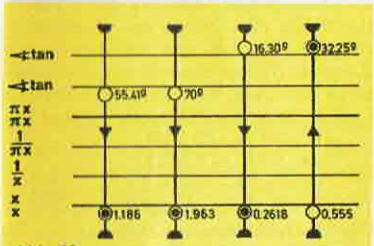


Abb. 20a

$\tan 14^\circ 20' = 0{,}2555$

$\tan 67^\circ = 2{,}356$

$\tan 230^\circ 25' = \tan 50^\circ 25' = 1{,}210$

$\arctan 0{,}555 = 29^\circ 02',\ 209^\circ 02'$ usw.

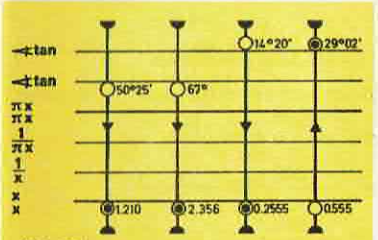


Abb. 20b

$$\cot 83^g \frac{1}{\tan 83^g} = 0{,}2736$$

$$\cot(-11^g) = -\cot 11^g$$

$$= -\frac{1}{\tan 11^g} = -5{,}73$$

$$\cot 37{,}73^g = \frac{1}{\tan 37{,}73^g} = 1{,}485$$

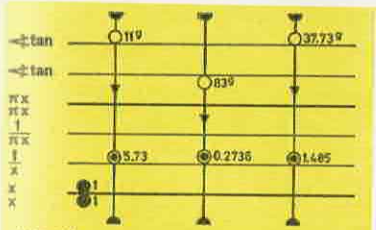


Abb. 21 a

$$\cot 77^\circ \frac{1}{\tan 77^\circ} = 0{,}2309$$

$$\cot(-9^\circ) = -\cot 9^\circ$$

$$= -\frac{1}{\tan 9^\circ} = -6{,}31$$

$$\cot 14^\circ 49' = \frac{1}{\tan 14^\circ 49'} = 3{,}78$$

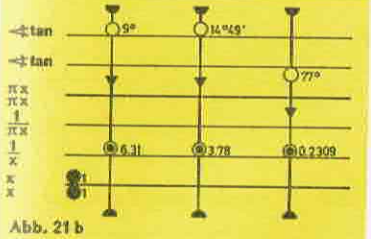


Abb. 21 b

12.3 Kleine Winkel

Wenn $\sin\alpha$ und $\tan\alpha$ für $\alpha < 6{,}5^g$ bzw. $5{,}5^\circ$, sowie $\cos\alpha$ und $\cot\alpha$ für $\alpha > 83{,}5^g$ bzw. 84° bestimmt werden sollen, gelten die Näherungen:

$$\sin\alpha \approx \tan\alpha \approx \cos(100^g - \alpha) \approx \cot(100^g - \alpha) \approx \operatorname{arc}\alpha = \frac{\pi}{200}\alpha = 0{,}01571\,\alpha$$

bzw. $$\approx \cos(90^\circ - \alpha) \approx \cot(90^\circ - \alpha) \approx \operatorname{arc}\alpha = \frac{\pi}{180}\alpha = 0{,}01745\,\alpha$$

Die Winkelskala ∢ arc gibt für das Bogenmaß genaue Werte und ermöglicht die gleichzeitige Ablesung der Sinus-, Tangens- und Arcuswerte auf der Grundskala. Die rückläufige rote Bezifferung der ∢ arc-Skala gilt für die entsprechenden Kosinus- und Kotangenswerte.

Zu jeder Winkeleinstellung steht wieder der Funktionswert in Skala x, jedoch ist zu beachten, daß die Kommastellung um eine Dezimale verschoben ist. Die Funktionswerte der kleinen Winkel beginnen mit 0,0 . . .

$\sin 3{,}15^g = 0{,}0495$	$\sin 3^\circ 15' = 0{,}0566$
$\tan 0{,}72^g = 0{,}01131$	$\tan 52' = 0{,}01513$
$\cot 98{,}40^g = \tan 1{,}60^g = 0{,}0251$	$\cot 88^\circ 40' = \tan 1^\circ 20' = 0{,}0233$
$\cos 96{,}23^g = \sin 3{,}77^g = 0{,}0592$	$\cos 86^\circ 20' = \sin 3^\circ 40' = 0{,}0640$

Die Übereinstimmung zwischen den Funktionen sin, tan und arc ist bis 4° sehr gut. Bei größeren Winkeln kann gelegentlich mit den folgenden Formeln genauer gerechnet werden:

$$\sin\alpha = \frac{\sin 6^\circ}{6}\cdot\alpha \qquad \tan\alpha = \frac{\tan 6^\circ}{6}\cdot\alpha$$

12.4 Die ϱ-Marken

Beim Rechnen mit kleinen Winkeln werden häufig die ϱ-Werte benutzt.

$$\varrho^g = \frac{200}{\pi} = 63{,}66 \qquad \varrho^\circ = \frac{180}{\pi} = 57{,}3$$

$$\varrho^c = \frac{200}{\pi}\cdot 100 = 6366 \qquad \varrho' = \frac{180}{\pi}\cdot 60 = 3438$$

$$\varrho^{cc} = \frac{200}{\pi}\cdot 100\cdot 100 = 636600 \qquad \varrho'' = \frac{180}{\pi}\cdot 60\cdot 60 = 206265$$

Der Rechenstab enthält die Marken ϱ' und ϱ'' in den Skalen x, $1/\pi x$, πx, $1/x$, bei 400^g-Teilung die Marke ϱ, die gleichzeitig für ϱ^g, ϱ^c und ϱ^{cc} gilt.

Man rechnet:

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

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

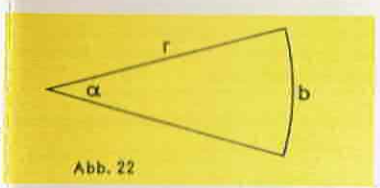


Abb. 22

Beispiele: Bei Verwendung einer Nivellierlibelle von 30″ Angabe wird die Ziellinie mit einer Genauigkeit von ± 3″ horizontiert. Welcher Fehler kann beim Ablesen an einer Nivellierlatte durch diese Unsicherheit von 3″ entstehen, wenn die Zielweite 50 m ist?

$$\Delta b = \frac{3\cdot 50000}{\varrho''} = \frac{150000}{\varrho''} = 0{,}73\text{ mm}$$

Bei einer Polygonzugmessung steht ein Fluchtstab 5 mm exzentrisch. Welcher Winkelfehler entsteht dadurch, wenn die Polygonseite 185 m lang ist? (Rechnung in Neugrad)

$$\Delta\alpha = \frac{5}{185\,000}\cdot\varrho^{cc} = 17{,}2^{cc} \qquad \text{Überschlag: } \frac{5\cdot 600000}{200000} = 15$$

13. Trigonometrische und tachymetrische Rechnungen

Prägen Sie sich die folgenden Diagrammdarstellungen gut ein, dann werden Sie Ihren Rechenstab viel häufiger für die täglichen Berechnungen der Vermessungspraxis benutzen als bisher.

13.1 Rechnungen mit dem Sinussatz

Allgemein gilt für den Sinussatz die Proportion:

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma} = 2\,r$$

Wird eines der Verhältnisse gebildet, indem der Winkelwert in Skala ∢ sin und die gegenüberliegende Seite in Zungenskala x mit Hilfe des Läuferstrichs übereinandergestellt werden, so kann durch Verschieben des Läufers zu jedem Winkel des Dreiecks die gegenüberliegende Seite oder zu jeder Seite der gegenüberliegende Winkel abgelesen werden.

Diese allgemeine Lösung gewinnt besondere Bedeutung für die Auflösung rechtwinkliger Dreiecke, die in der Vermessungspraxis so häufig vorkommt.

13.2 Trigonometrische Berechnung rechtwinkliger Dreiecke

Für das rechtwinklige Dreieck wird der Sinussatz abgewandelt:

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

außerdem gilt $\tan\alpha = \frac{a}{b}$

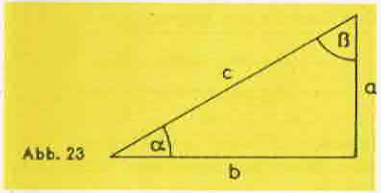


Abb. 23

Abb. 24 stellt diese Beziehungen auf dem Rechenstab dar:

Je nach den gegebenen Stücken kommen zwei grundsätzliche Rechenoperationen vor:

1. zwei beliebige Stücke sind gegeben (außer Fall 2)

2. die zwei Katheten sind gegeben.

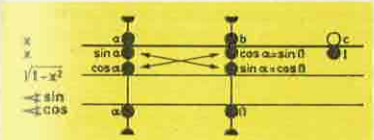


Abb. 24

13.2.1 Gegeben: $c = 5$, $a = 3$

Gesucht: α, β und b

Lösungsweg: Hypotenusenwert c der Zungenskala x über Anfang oder Ende der Körperskala x schieben, dann mit dem Läufer die Kathete a in Zungenskala x einstellen und darunter in Skala ∢ sin den Winkel α ablesen. Über α in Skala ∢ cos steht die Kathete b in Zungenskala x (siehe Abb. 25a und 25b).

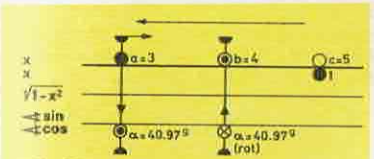


Abb. 25a

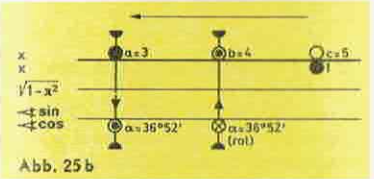


Abb. 25b

Eine zweite Lösung gibt Abb. 25c mit Benutzung der Skala $\sqrt{1 - x^2}$, deren dezimale Unterteilung mitunter für die Ablesung günstiger ist.

Ist die Hypotenuse nicht gegeben und wird die Rechnung mit einem Sinusverhältnis begonnen, dann erscheint c über dem Wert 1 der Körperskala.

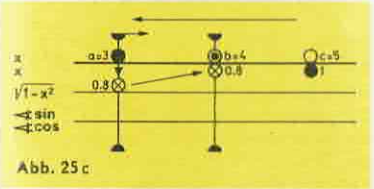


Abb. 25c

13.2.2 Koordinatenunterschiede aus Richtung und Entfernung

Die Koordinatenunterschiede

$$\Delta x = s \cdot \cos\alpha$$

$$\Delta y = s \cdot \sin\alpha$$

lassen sich nach dem Schema der Abb. 26 einfach berechnen. Nach dem

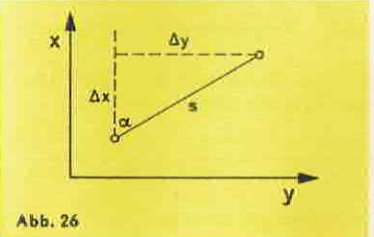


Abb. 26

Einstellen der Hypotenuse wird α nacheinander in Skala ∢ sin und ∢ cos eingestellt und darüber jeweils Δy bzw. Δx in Zungenskala abgelesen. Gelegentlich kann das Durchschieben der Zunge eingespart werden, wenn an Stelle der Zungenskala x die Skala πx zum Einstellen der Hypotenuse bzw. zum Ablesen der Koordinatenunterschiede benutzt wird.

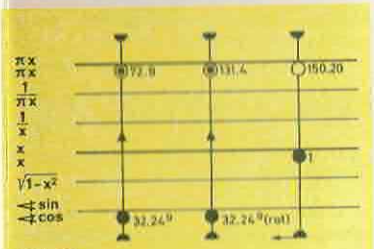


Abb. 27a

Beispiel:

Gegeben: $s = 150{,}20$ m,
$\alpha = 32{,}24^g$ bzw. $30° 25'$

Ergebnis (Abb. 27a):
$\Delta x = 72{,}9$ m
$\Delta y = 131{,}4$ m

Ergebnis (Abb. 27b):
$\Delta x = 76{,}0$ m
$\Delta y = 129{,}6$ m

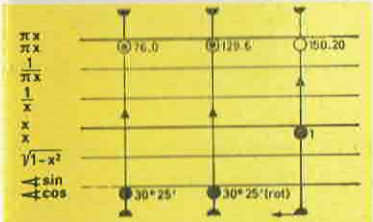


Abb. 27b

13.2.3 Berechnung der Hypotenuse aus den Katheten (Pythagorasprobe)

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

gesucht: c, α, β

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

$$\sin\alpha = \frac{a}{c} = 3 \cdot \frac{1}{c}$$

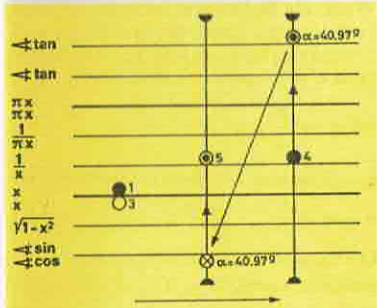


Abb. 28a

Der symmetrische Aufbau der Gleichungen für $\tan\alpha$ und $\sin\alpha$ gestattet die geschickte Lösung mit einer Zungeneinstellung.

Lösungsweg: Erst α aus den Katheten berechnen, indem die Zungeneins über 3 in Skala x und 4 mit dem Läufer in Skala 1/x eingestellt wird, darüber steht α in der oberen Tangensskala. Dann bei gleicher Zungenstellung $\sin\alpha$ mit dem Läufer einstellen und das Ergebnis 5 auf der Reziprokskala ablesen.

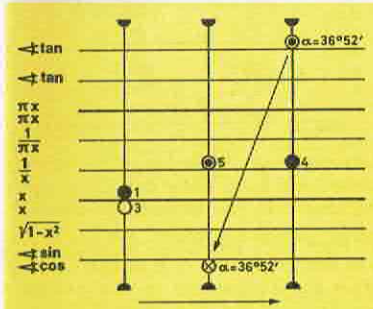


Abb. 28b

13.2.4 Richtungswinkel und Entfernung aus Koordinatenunterschieden

Gegeben: $\Delta x = 85{,}7$
$\Delta y = 80{,}3$

Gesucht: α und s

In diesem Beispiel kann das Durchschieben der Zunge vermieden werden, wenn an Stelle der Skala 1/x die Skala $1/\pi x$ benutzt wird.

Ergebnis (Abb. 29a und 29b):
$\alpha = 47{,}93^g$ bzw. 43° 08′
s = 117,5 m

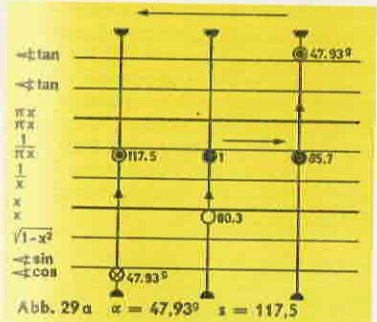


Abb. 29a $\alpha = 47{,}93^g$ s = 117,5

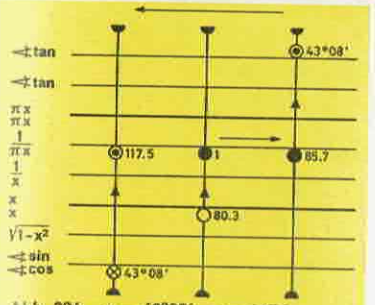


Abb. 29b $\alpha = 43°08'$ s = 117,5

13.2.5 Pythagorasprobe mit der Skala 1/tan $\alpha/2$

Das Schema der Abb. 28 und 29 gestattet ausreichende Pythagorasproben bis zu Hypotenusen von 20 m Länge.

Wenn die Stellenzahl nicht mehr ausreicht, um die Zentimeter genau genug erfassen zu können, läßt sich die Differenz c — b bequem berechnen:

$$\tan\alpha = \frac{a}{b}$$

$$c - b = x = a \cdot \tan \alpha/2$$

$$c = b + x$$

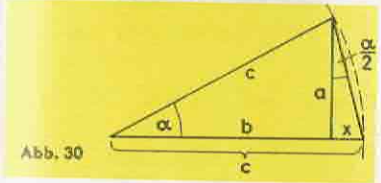


Abb. 30

Die Zungenskala $1/\tan\alpha/2$ auf der Tachymeterseite ermöglicht diese Rechnungsart, Beispiel a = 6, b = 8

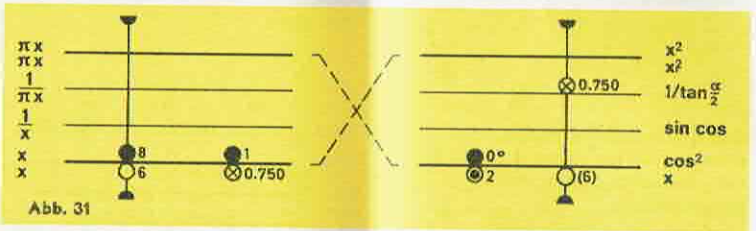


Abb. 31

Lösungsweg: Als Anfangsstellung die normale Division 6/8 (vgl. Abb. 10) einstellen und 0,750 unter der Zungeneins ablesen. Den Läufer beim Wenden des Rechenstabes stehenlassen (Kathete a = 6 wird für die Weiterrechnung benötigt!), dann den Wert 0,750 der Skala $1/\tan\alpha/2$ unter den Läuferstrich schieben und das Ergebnis c — b = 2,00 unter dem Anfangswert 0° des Skala $\cos^2$ oder unter der Zungeneins der Zungenskala x auf Skala x ablesen. Der 0°-Strich ist identisch mit der Zungeneins auf der Normalseite. Die Länge der Hypotenuse ist 8 + 2 = 10.

Diese Rechenmethode kann auch zur Kontrolle (Auffinden von Rechenfehlern) bei Polygonzugrechnungen angewendet werden, indem die Strecke s aus den Koordinatenunterschieden zurückgerechnet wird.

Für $\Delta y = 51{,}24$ und $\Delta x = 129{,}28$ gibt der Rechenstab den Differenzbetrag 9,78 m und damit s = 129,28 + 9,78 = 139,06 m auf den Zentimeter genau.

Dieses Beispiel gibt das Handbuch der Vermessungskunde Bd. II von Jordan Eggert für die Berechnung von Kleinpunkten an; also auch für Kleinpunktberechnungen reicht die Genauigkeit aus.

Das Beispiel der Abb. 29 gibt nach dieser Methode gerechnet den genaueren Wert s = 117,44.

Beachte! Die Hilfsskala ist nach tan $\alpha/2$ geteilt, aber mit den Funktionswerten von tan α beziffert. Wird der Tangens $< 0{,}1$, kann die Skala tan $\alpha/2$ nicht mehr benutzt werden. Dann hilft die Näherung $c - b \approx \frac{a^2}{2b}$

Da der Winkelwert nicht in Erscheinung tritt, gilt diese Skala für 360°- und 400g-Teilung.

13.2.6 Tachymetrische Rechnungen

In der Tachymetrie wiederholen sich ständig folgende Berechnungen:

$E = k \cdot l \cdot \cos^2\alpha = k \cdot l - k \cdot l \cdot \sin^2\alpha$ bei Messung mit vertikaler Tachymeterlatte

$E = k \cdot l \cdot \cos\alpha = k \cdot l - k \cdot l \cdot (1 - \cos\alpha)$ bei Verwendung einer horizontalen Meßlatte

$\Delta h = k \cdot l \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha$

darin bedeuten: k = Multiplikationskonstante (meist 100)
l = Lattenablesung
α = Höhenwinkel

13.2.6.1 Berechnungen bei senkrechter Meßlatte

Beispiel: $k \cdot l = 81{,}4$ m $\alpha = 25{,}20^g$ bzw. 22° 41′

Rechengang: 0°-Strich der $\cos^2$-Teilung über die Schrägentfernung 81,4 in Skala x stellen, den Läufer zum Wert α der $\cos^2$-Skala schieben und darunter die horizontale Entfernung E = 69,3 m auf Skala x ablesen. Dann bei gleicher Zungenstellung den Läufer zum Winkelwert α der Skala sin · cos schieben und darunter auf Skala x den Höhenunterschied Δh = 28,96 m ablesen.

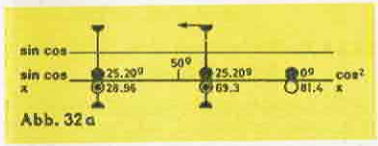


Abb. 32a

Ist z. B. $k \cdot l = 115{,}7$ m gegeben, wird die Rechnung mit dem 0°-Teilstrich der linken Überteilung für $\cos^2$ begonnen, um das Durchschieben der Zunge zu vermeiden.

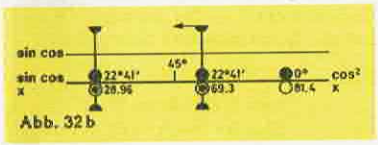


Abb. 32b

Für kleine Höhenwinkel befindet sich die Fortsetzung der Skala sin α cos α in der Zungenmitte.

Wenn eine genauere Entfernungsreduktion verlangt wird, ist die Korrektion $k \cdot l \cdot \sin^2\alpha$ für die Bezeichnung $E = k \cdot l - k \cdot l \cdot \sin^2\alpha$ anzuwenden.

Beispiel: $k \cdot l = 215{,}7$ m, $\alpha = 5{,}37^g$ bzw. $4^\circ\,50'$

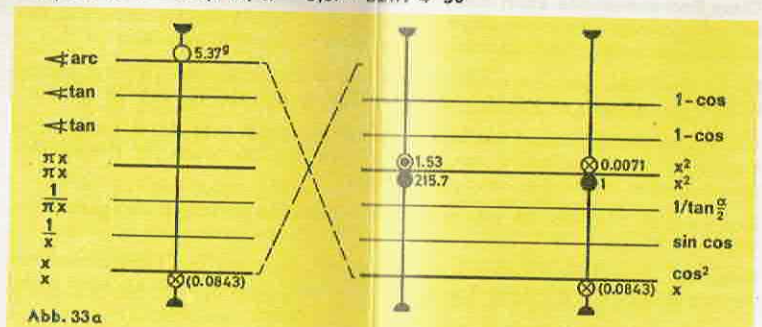


Abb. 33a

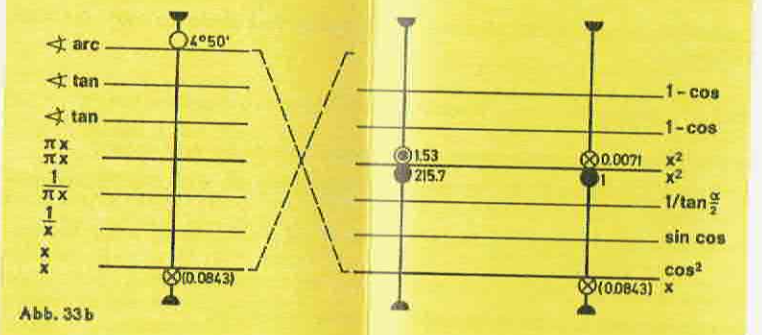


Abb. 33b

Rechengang: sin 5,37g mit dem Läufer auf der ∢ arc-Skala einstellen; den Läufer beim Wenden des Rechenstabes stehenlassen und die Zungeneins der Skala x^2 unter den Läuferstrich stellen. Die eingeklammerten Werte sin α und $\sin^2\alpha$ nicht ablesen, sondern gleich mit den Quadratskalen weitermultiplizieren und das Ergebnis 1,53 auf der Körperskala x^2 ablesen.

$E = 215{,}7 - 1{,}5 = 214{,}2$ m

13.2.6.2 Reduktion bei horizontaler Meßlatte

Wurden Schrägentfernungen mit einem Doppelbild-Entfernungsmesser nach einer horizontalen Meßlatte gemessen, wird für die Streckenreduktion die Doppelskala 1 — cos benutzt, welche auf die Quadratskalen bezogen ist.

Beispiel: $k \cdot l = 145{,}8$ m

$\alpha = 9{,}35^g$ bzw. $8^\circ\,25'$

$E = k \cdot l - k \cdot l\,(1 - \cos\alpha)$

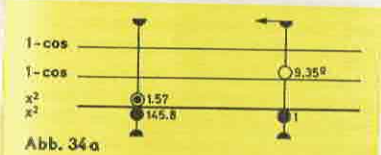


Abb. 34a

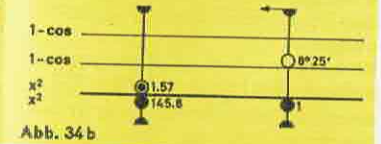


Abb. 34b

Rechengang: Den Läufer auf 9,35g der Skala 1 — cos α stellen und die Zungeneins der Skala x^2 darunterschieben. Dann mit den Quadratskalen weitermultiplizieren und das Ergebnis $k \cdot l\,(1 - \cos\alpha) = 1{,}57$ ablesen.

$E = 145{,}8 - 1{,}6 = 144{,}2$ m.

13.2.7 Berechnung der Richtungskoeffizienten bei Koordinaten-Ausgleichungen

Im Verlauf der Ausgleichung von Koordinaten braucht man immer wieder die Koeffizienten:

$$a = -\frac{\varrho''}{10}\,\frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{\Delta x} \quad \text{und} \quad b = \frac{\varrho''}{10}\,\frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{\Delta y}$$

Die Skala sin cos leistet hierbei gute Dienste, wenn die Gleichungen für die Benutzung der Reziprokskalen abgewandelt werden:

$$a = -\frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{1/\varrho''} \cdot \frac{1}{\Delta x} \cdot 0{,}1 \qquad b = \frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{1/\varrho''} \cdot \frac{1}{\Delta y} \cdot 0{,}1$$

Beispiel aus Jordan-Eggert, Handbuch d. Verm.-Kunde, Bd. I

$\alpha = 202^\circ\,17'$ $\quad \Delta x = -2498$ $\quad \Delta y = -1024$

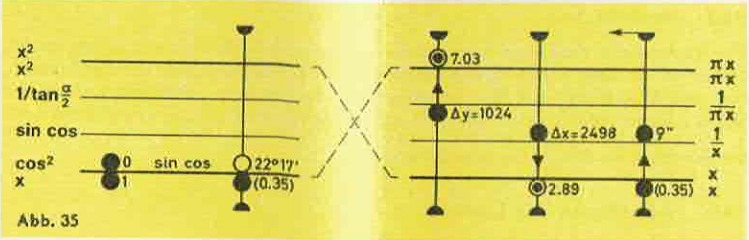


Abb. 35

Rechengang: Bei „Nullstellung" der Zunge 22° 17′ auf der Skala sin · cos einstellen, Rechenstab ohne Verschiebung des Läufers wenden und ϱ'' auf der Skala 1/x unter den Läuferstrich schieben. In dieser Zungenstellung werden die Werte Δx und Δy nacheinander auf den Reziprokskalen 1/x und $1/\pi x$ mit dem Läufer eingestellt. Die Ergebnisse erscheinen auf den Skalen x bzw. πx:

$a = +2{,}89 \qquad b = -7{,}03.$

Die Skala sin · cos gilt für beliebige Winkel, denn mit den Kofunktionen entsteht wieder der Ausdruck sin · cos, welcher im 1. und 3. Quadranten positiv und im 2. und 4. Quadranten negativ wird.

14. Der abnehmbare Läufer und seine Marken

14.1 Die Marke 36

Der Läufer hat auf der Vorderseite (Abb. 36) rechts oben einen kurzen Strich, der auf den πx-Skalen den Wert 36 angibt, wenn der Mittelstrich über dem Anfang 1 der Skala x steht. Auf diese Weise multipliziert man mit 36, wenn man bei beliebiger Läuferstellung von Skala x nach πx überwechselt, dadurch bietet der Läufer bequeme Umrechnungen für:

1 Stunde = 3600 Sekunden

1 m/s = 3,6 km/h

1° = 3600″

1 Jahr = 360 Tage

1 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J

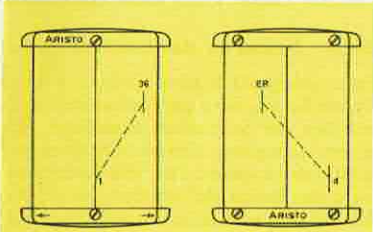


Abb. 36 Abb. 37

14.2 Erdkrümmung und Refraktion

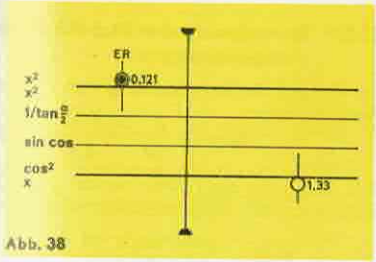


Abb. 38

Die auf die Quadratskala bezogene Läufermarke ER dient zur Berechnung des Korrektionsgliedes für die Erdkrümmung und Refraktion. Der Abstand des rechten unteren Läuferstriches zum ER-Strich entspricht der Konstanten $\frac{1-k}{2\,r^2} = 0{,}0683$. Man stellt die Zielweite in km mit der rechten Marke auf Skala x ein und liest das Korrektionsglied unter der ER-Marke auf der Skala x^2 in Metern ab.

Beispiel: E = 1,33 km ergibt unter der Marke ER den Wert 0,121 m.

14.3 Kreisflächen

Der Abstand der rechten unteren Läufermarke vom Mittelstrich ist so bemessen, daß in Verbindung mit der Quadratskala Kreisflächen berechnet werden können. Für jede Einstellung des Durchmessers mit der rechten Läufermarke auf der Skala x kann unter dem Mittelstrich auf der Quadratskala die Kreisfläche nach der Formel $F = d^2 \frac{\pi}{4}$ abgelesen werden.

14.4 Abnehmen des Läufers

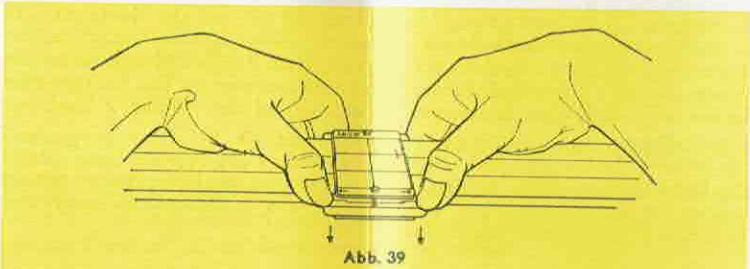


Abb. 39

Die Läuferstriche sind zum Skalenbild justiert, so daß während der Rechnung der Übergang von einer Seite des Rechenstabes zur anderen möglich ist. Der Läufer kann zum Zwecke der Reinigung abgenommen werden, ohne daß dabei die Justierung verlorengeht. Auf einer Seite sind die Läufergläser mit vier Schrauben, auf der anderen Seite mit zwei als Druckknöpfe ausgebildeten Schrauben an den Läuferstegen befestigt. Zum Abnehmen des Läufers vom Rechenstab werden die mit den Pfeilen markierten Enden des Läufersteges mit den Daumennagelspitzen nach unten gedrückt, damit sich der Druckknopf öffnet. Der obere Druckknopf öffnet sich beim Hochklappen des Läuferglases, und der Läufer kann leicht abgenommen werden.

14.5 Justieren des Läufers

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

15. Behandlung des ARISTO-Rechenstabes

Der Rechenstab ist ein wertvolles Rechenhilfsmittel und braucht eine pflegliche Behandlung. Die Skalen und der Läufer sind vor Verschmutzung und Kratzern zu schützen, damit die Ablesegenauigkeit nicht beeinträchtigt wird.

Es empfiehlt sich, den Rechenstab von Zeit zu Zeit mit dem Spezialreinigungsmittel DEPAROL zu reinigen und trocken nachzupolieren. Keinesfalls dürfen irgendwelche Chemikalien verwendet werden, da diese die Teilung zerstören können.

Der Rechenstab ist vor Plastik-Radierern und ihren Abriebprodukten zu schützen, da diese die Oberfläche des ARISTOPAL beschädigen. Ferner ist eine Lagerung an heißen Plätzen, z. B. auf Heizkörpern oder in praller Sonne, zu vermeiden, da bei höheren Temperaturen als etwa 60° C Verformungen auftreten. Für derartig beschädigte Rechenstäbe wird kein Ersatz geleistet.