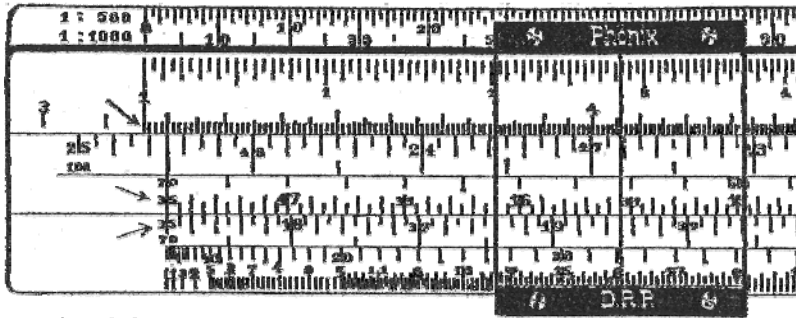


Gebrauchsanweisung

für den Rechenschieber "Py-Lo"

veröffentlicht in der "Zeitschrift für Vermessungswesen" vom 15. Mai 1924
und in den "Allgemeinen Vermessungs Nachrichten" vom 1. August 1924



Der vorliegende Rechenschieber ist nach den Angaben des vereid. Landmessers und Eisenbahnamtmanns Herrn Seifert in Saarbrücken angefertigt. Er ist hauptsächlich zum Gebrauch bei den in der geodätischen Praxis am häufigsten vorkommenden Rechnungen konstruiert.

Besonderes Gewicht ist darauf gelegt, daß die erzielte Genauigkeit den bei geodätischen Rechnungen gestellten Anforderungen genügt. Das ist zum Teil dadurch erreicht, daß die Teilungen in der Mitte unterbrochen und unmittelbar darunter bzw. darüber fortgeführt sind.

Die ganze Länge einer Teilung beträgt 625 mm. Die Genauigkeit ist also gegenüber dem gewöhnlichen Rechenschieber von 250 mm Länge ganz erheblich gesteigert. Sie reicht z. B. für Flächenberechnungen bei Fortschreibungen vollständig aus, sofern man bei Faktoren über 100,00 diese zerlegt.

Trotzdem läßt sich das Instrument mit Futteral bequem in einer Aktenmappe unterbringen, sodaß es auch bei der Feldarbeit benutzt werden kann.

Das Instrument umfaßt zwei grundverschiedene Teilungssysteme, die in keinem direkten Zusammenhang stehen, nämlich:

1. Das logarithmische (Lo) Teilungssystem: der obere Stabstreifen in Verbindung mit der einen Zungenseite. Hier sind die Mantissen der Logarithmen maßstäblich aufgetragen. Es dient zum Multiplizieren, Dividieren, Potenzieren und Quadratwurzelziehen.
2. Das pythagoräische (Py) Teilungssystem: Der untere Stabstreifen in Verbindung mit der anderen Zungenseite. Hier sind die Quadratzahlen maßstäblich aufgetragen. Es dient zum Auswerten der pythagoräischen Formel auf einfachste Art, indem durch einmalige Einstellung zweier Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks die dritte unmittelbar abgelesen wird.

Die Teilungen auf der Zunge sind bei beiden Systemen gegenstimmig angeordnet, d. h. sie zählen von rechts nach links, während die Stabteilungen, wie üblich, von links nach rechts zählen, hierauf ist beim Ablesen besonders zu achten. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß bei den häufigsten Rechenexempeln, nämlich bei Multiplikationen sowie beim Berechnen der Hypotenuse aus den Katheten, Fehlstellungen vermieden werden, das Resultat kann also stets ohne nochmalige Zungenumstellung abgelesen werden.

Im Folgenden sind, um die Erläuterung zu vereinfachen, die einzelnen Teilungsreihen mit Buchstaben bezeichnet, wie in den Figuren. Auf dem Instrument selbst fehlen diese Bezeichnungen.

1.- DIE "LO" TEILUNG

Sie besteht aus den Teilungsreihen A und B auf dem oberen Stabstreifen und C und D auf der Zunge. Reihe B ist die Fortsetzung der Reihe A, Reihe D die Fortsetzung der Reihe C (siehe Figuren).

1.1.- Multiplizieren

Man stellt die beiden Faktoren mit Hilfe des Läufers vertikal übereinander und liest das Resultat bei einem durch einen Pfeil markierten Strich an der Gleitlinie ab. Dabei ist es gleichgültig, ob man den ersten Faktor auf dem Stab und den zweiten auf der Zunge aufsucht oder umgekehrt den

zweiten auf dem Stab und den ersten auf der Zunge. Beides führt zu derselben Zungenstellung.

Ferner ist folgende einfache Regel zu beachten: Liegen die beiden Faktoren auf A und D oder B und C, dann Ablesung rechts vom Läufer, liegen sie auf A und C oder B und D, dann Ablesung links vom Läufer.

Allgemein ausgedrückt: Liegt zwischen den Reihen, auf denen die Faktoren eingestellt werden, eine andere Reihe, wird links vom Läufer bei ↗ oder ↘ abgelesen, liegt keine oder zwei andere Reihen dazwischen, wird rechts vom Läufer bei ↗ oder ↘ abgelesen. Ähnlich ist die Regel in den genannten Zeitschriften angegeben. Beispiele:

a) $17,37 \times 26,22 = 455,4$ Figur 1.

Läufer auf 17,37 in Reihe A, 26,22 in C unter Läufer durch Verschieben der Zunge (bei den schwarzen Dreiecken ▲) oder Läufer (punktierter Linie) auf 26,22 in A (bei ▲), 17,37 in C unter Läufer (bei ▲), 455,4 ablesen links bei ↗ auf B.

b) $17,37 \times 8,29 = 144,0$ Figur 1.

Läufer auf 17,37 in A (bei △), darunter 8,29 in D (bei ▽) oder Läufer auf 8,29 in B (bei ▽), darunter 17,37 in C (bei △), 144,0 ablesen rechts bei ↘ auf C.

c) $7,08 \times 32,25 = 228,3$ Figur 2.

Läufer auf 7,08 in B (bei ▼), darunter 32,25 in D (bei ▼) oder Läufer auf 32,25 in B (bei ▼), darunter 7,08 in D (bei ▼), 228,3 ablesen links bei ↘ auf C.

d) $7,08 \times 102,0 = 722,2$ Figur 2.

Läufer auf 7,08 in B (bei ▽), darunter 102,0 in C (bei △) oder Läufer auf 102,0 in A (bei △), darunter 7,08 in D (bei ▽), 722,2 ablesen rechts bei ↘ auf B.

1.2.- Mehrgliedrige Produkte können natürlich ohne Ablesung eines Zwischenresultates berechnet werden

Beispiel: $17,37 \times 8,29 \times 2,316 = 333,5$

Man rechnet zuerst $17,37 \times 8,29$ wie in b) angegeben. Das Zwischen-Resultat 144,0 rechts bei ↘ wird nicht abgelesen. Man schiebt den Läufer nach links auf den Strich bei ↗ u. markiert damit die 144,0 auf A.

Nachdem man sich jetzt nur die Reihe A gemerkt hat, schiebt man 2,316 auf C unter den Läuferstrich und liest, da zwischen A und C nur eine Reihe, links bei ↗ auf B 333,5 ab.

Eine Einrichtung zur Ermittlung der Kommastellung ist nicht getroffen. Solche haben sich bei den bisherigen Rechenschiebern nicht bewährt. Die Stellenzahl kann durch Überschlagen im Kopf leicht bestimmt werden.

1.3.- Dividieren

Wenn man das Verfahren beim Multiplizieren genügend studiert hat, bietet das Dividieren keine Schwierigkeiten mehr. Man stellt den Dividenten mit einem der mit Pfeil bezeichneten Striche ein und sucht mit dem Läufer den Divisor auf der Zunge.

Auf welcher Teilungsreihe dann der Quotient steht, ist immer außer Zweifel. Man muß dabei die beim Multiplizieren angegebene Regel sinngemäß benutzen: Wird also der Divident bei einem einfachen Pfeil (↗ oder ↘) eingestellt, dann muß zwischen dem Divisor (auf Zunge) und dem Quotienten (auf Stab) stets eine Reihe übersprungen werden, bei ↗ oder ↘ keine oder zwei Reihen.

Beispiel: $73,4 : 8,7 = 8,435$

Zunge nach rechts mit Strich bei ↗ unter 73,4 in B schieben, Läufer auf 8,7 in D, Resultat, da bei einfachem Pfeil eine Reihe dazwischen liegen muß, 8,435 unter Läufer auf B ablesen.

Beim Dividieren können Fehlstellungen auftreten. Schiebt man z.B. in obigem Beispiel die Zunge nach links mit ↘ unter 73,4, dann kann der

Divisor 8,7 auf der Zunge nicht mit dem Läufer erfaßt werden. Bei einiger Übung sieht man jedoch sofort, nach welcher Seite die Zunge geschoben werden muß, wenn man den Divisor mit im Auge behält.

1.4.- Kombiniertes Multiplizieren kann natürlich ausgeführt werden, ohne ein Zwischenresultat abzulesen

Beispiel:
$$\frac{17,37 \cdot 26,22}{3,94} = 115,6$$

Es ist immer zweckmäßig, mit der Division zu beginnen, um eine spätere Zungenumstellung mit Hilfe des Läufers zu vermeiden. also Zunge nach links mit 17,37 in C unter ↘, Läufer auf 3,94 in D. Daß das Zwischen Resultat jetzt auf B liegt, merken, nicht ablesen! Zunge mit 26,22 auf C unter Läufer, Resultat 115,6 ablesen rechts bei ↗ auf C, da zwischen B und C keine Reihe.

1.5.- Reziproke Werte

Stellt man die Zunge so, daß die Striche bei gleichartigen Pfeilen genau übereinander stehen, dann stellt der Schieber eine Reziprokentafel dar. Zu jeder Zahl auf B ist darunter auf C die Reziproke zu finden und umgekehrt. Das dient z. B. zur Umwandlung von Neigungen 1:n in %.

1.6.- Potenzieren

a) Quadrieren: Man multipliziert die Zahl mit sich selbst nach den Regeln unter 1.1.

b) Ebenso kann nach der Regel unter 1.2 auch die Kubikzahl pp. ermittelt werden.

1.7.- Quadratwurzelziehen

Man stellt den Radikanden mit der Zunge ein, stets links bei ↘ oder ↗, verschiebt dann den Läufer solange, bis er auf Stab und Zunge die gleiche Zahl deckt. Diese ist dann die Wurzel.

Beispiele:

a) $\sqrt{453,5} = 21,3$

Zunge mit ↗ unter 453,5 in B, Resultat 21,3 auf A und C.

b) $\sqrt{45,35} = 6,735$

Dieselbe Stellung wie bei a), Resultat 6,735 liegt aber jetzt auf Reihe B und D.

2.- DIE "PY"-TEILUNG

Sie ist genau so angeordnet wie die "Lo"-Teilung. Die Teilungsreihen seien im Folgenden, von unten gezählt, mit a, b (auf Stab) und c, d (auf Zunge) bezeichnet.

Die Teilungen sind, um die erforderliche Genauigkeit zu erreichen, außer der einmaligen Zerlegung mit dreifacher Bezifferung versehen. Die erste (große Ziffern) reicht von 0 bis 25, die zweite (kleine ungerade Ziffern) von 0 bis 50, die dritte (kleine Zehner Ziffern) von 0 bis 100. Um die beiden letzten Bezifferungen besser unterscheiden zu können, empfiehlt es sich, sie mit verschiedenfarbiger Tusche zu markieren. Zur Orientierung beim Ablesen sind an den wagerechten Trennungslinien besondere Hilfsstriche angebracht, deren Unterteilung nicht geschätzt, sondern an der gegenüberliegenden Hauptskala abgelesen wird.

Welche Bezifferung man benutzen muß, richtet sich nach der in dem Rechenexempel vorkommenden größten Zahl. Siehe nachstehende Tabelle.

Bezifferung	wenn die größte Zahl liegt zwischen		
0 - 25	10 - 25	oder	100 - 250
0 - 50	25 - 50	oder	0 - 5
0 - 100	50 - 100	oder	5 - 10

Man darf aber innerhalb derselben Rechenoperation nicht, wie bei der "Lo"-Teilung den Ziffern verschiedene Dezimalwerte beilegen. Liest man z.B. 250 statt 25, dann muß man auch sämtlichen anderen Ziffern der Teilung eine Null anhängen. Dies hat seinen Grund darin, daß die "Py"-Teilung nicht, wie die "Lo"-Teilung, periodisch ist, sondern theoretisch ins

Unendliche verläuft und nur an einer beliebigen Stelle abgebrochen ist. Auch darf man nicht innerhalb einer Rechenoperation verschiedene Bezifferungen benutzen, sondern muß bis zur Ablesung eines Resultates bei der Bezifferung bleiben, die man vorher gewählt hat.

2.1.- Hypotenuse aus den Katheten

Genau dasselbe Verfahren wie Multiplikation auf der "Lo"-Teilung. Regel: Liegen die Katheten auf Reihe a und d oder b und c, dann rechts bei ↘ ablesen, liegen sie auf a und c, dann links bei ↗ oder ↘ ablesen. Mit anderen Worten: Liegt zwischen den beiden Reihen, auf denen man die Katheten eingestellt hat, eine andere Reihe, dann links bei ↘ oder ↗ ablesen, liegt keine oder zwei andere Reihen dazwischen, dann rechts bei ↘ ablesen.

Beispiele:

a) $\sqrt{21,94^2 + 9,46^2} = 23,89$ Figur 3.

Bezifferung 0 - 25 benutzen! 21,94 auf b (bei ▲), 9,46 auf c (bei ▼) oder 9,46 auf a (bei ▼) (punktierter Linie) und 21,94 auf d (bei ▲), Resultat ablesen rechts bei ↘. Natürlich kann man dieses Exempel auch den Bezifferungen 0 - 50 oder 0 - 100 rechnen. Aber wesentlich ungenauer.

b) $\sqrt{31,36^2 + 28,52^2} = 42,39$ Figur 4.

Bezifferung 0 - 50 benutzen! 31,36 auf a (bei ▼) u. 28,52 auf c (bei ▼) oder umgekehrt. Resultat ablesen links bei ↘.

c) $\sqrt{32,3^2 + 51,9^2} = 61,14$ Figur 5.

Bezifferung 0 - 100 benutzen! 32,3 auf a (bei ▼) und 51,9 auf c (bei ▼) oder umgekehrt. Resultat ablesen links bei ↗.

Andere Stellungen als diese drei können nie vorkommen. Liegen die Katheten auf den Reihen b und d, dann ist die Hypotenuse überhaupt nicht auf dem Schieber zu finden. Man muß dann eine höhere Bezifferung benutzen.

Ist die eine Kathete sehr klein gegenüber der anderen, dann stoße man sich nicht daran, daß sie auf der Teilung nur ungenau eingestellt werden

kann. Denn bekanntlich hat ein Fehler in der kleinen Kathete nur geringen Einfluß auf den Wert der Hypotenuse.

2.2.- Große Kathete aus Hypotenuse und kleiner Kathete

Verfahren genau wie bei Division auf der "Lo"-Teilung.

Beispiel: $\sqrt{23,89^2 - 9,46^2} = 21,94$

Zunge mit ↘ auf 23,89 in Reihe b, Läufer auf 9,46 in Reihe c, darunter auf b 21,94 ablesen. Die Stellung ist jetzt dieselbe wie in Figur 3.

Natürlich kann man auch die kleinere Kathete berechnen, das ist aber aus bekannten Gründen nicht ratsam und kommt selten vor.

2.3.- Ausdrücke von der Form $\sqrt{a^2 + b^2 - c^2}$, ebenso mehrgliedrige Ausdrücke, lassen sich ohne Zwischenresultate ermitteln

Dies entspricht genau der Berechnung der Formel $\frac{a \cdot b}{c}$ auf der "Lo"-Teilung.

Beispiel: $\sqrt{392,5^2 - 421,3^2 + 364,6^2} = 330,9$

Man beginnt stets, analog dem Dividieren, zweckmäßig mit der Subtraktion, um eine spätere eventuelle Zungenumstellung mit dem Läufer zu vermeiden.

Man benutzt die Bezifferung 0 - 50 (500), Zunge nach rechts mit ↘ auf 392,5 in Reihe b, Läufer auf 421,3 in Reihe d. Man muß sich die Reihe b merken. Dann 364,6 in Reihe d unter Läufer, Resultat 330,9 links bei ↗ ablesen, da zwischen b und d eine Reihe (c) liegt.

Das imaginäre Zwischenresultat $\sqrt{392,5^2 - 421,3^2}$ ist natürlich nicht auf der Teilung zu finden, es wird mit dem Läufer nur markiert.

2.4.- Mehrgliedrige Ausdrücke von der Form $\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}$ genau wie Multiplikationen auf der "Lo"-Teilung

Wenn man nicht weiß, wie groß das Endresultat ungefähr sein wird, sodaß man nicht von vornherein die richtige Bezifferung wählen kann, muß man aufpassen, daß während der Operation das jeweilige Resultat nicht über die Endziffer der gewählten Bezifferung hinausgeht. Man muß dann vorher ein Zwischenresultat ablesen und mit diesem auf der nächsthöheren Bezifferung weiterrechnen.

Beispiel: $\sqrt{9,24^2 + 10,9^2 + 13,5^2 + 15,14^2 + 15,3^2} = 29,15$

Man benutzt zunächst die Bezifferung 0 - 25. Ist man bis 15,14 einschließlich gekommen, dann muß man das Zwischenresultat 24,81 ablesen und die Schlußrechnung $\sqrt{24,81^2 + 15,3^2} = 29,15$ auf der Bezifferung 0 - 50 ausführen. Weiß man jedoch vorher, daß das Endresultat über 25 hinausreicht, dann rechne man von vornherein auf der Bezifferung 0 - 50 und spart dann die Ablesung des Zwischenresultates.

2.5.- Der Vollständigkeit halber seien noch folgende auf das rechtwinklig-gleichschenklige Dreieck bezügliche Aufgaben erwähnt

$$a = b \cdot \sqrt{2} = \sqrt{b^2 + b^2} \text{ und}$$

$$b = a \cdot \sqrt{2} = \sqrt{a^2 - b^2}$$

Die erste Aufgabe, wird einfach nach 2.1 berechnet. die zweite genau wie das Wurzelziehen auf der "Lo"-Teilung. Man stellt die Hypotenuse a mit Zunge auf ↗ oder ↘ ein stets links, nie mit ↗, und schiebt den Läufer, bis er auf Reihe a (Stab) und Reihe c (Zunge) gleiche Werte deckt.

Beispiel: $23,69 : \sqrt{2} = 16,75$

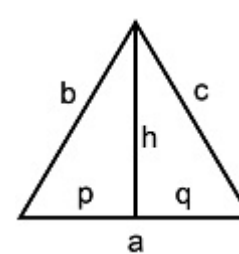
↘ auf 23,69 in Reihe b, Resultat 16,75 auf Reihe a und c.

3.- ANWENDUNGEN

Sie zeigen den besonderen Nutzen des Stabes beim abwechselnden Gebrauch der "Lo"- und "Py"-Teilung.

3.1.- Höhe und Fußpunkt im Dreieck

Formeln:



1) $m = \sqrt{a^2 - c^2 + b^2}$ mit "Py"-Teilung nach 2.3

2) $p = \frac{m}{2a} \cdot m$ mit "Lo"-Teilung nach 1.4

$q = \frac{n}{2a} \cdot n$

Probe: $p + q = a$, evtl. proportionale Fehlerverteilung!

$h = \sqrt{b^2 - p^2} = \sqrt{c^2 - q^2}$
mit "Py"-Teilung nach 2.2

Beispiel: $a = 46,23$ $b = 40,37$ $c = 37,78$
 $m = 48,37$ $n = 43,99$ Bezifferung 0 - 50 benutzen!

$p = \frac{25,30 + 1}{46,21 + 2}$	$\left \begin{array}{r} 25,31 \\ 20,92 \\ \hline 46,23 = a \end{array} \right.$	$h = 31,46$
$q = \frac{20,91 + 1}{46,21 + 2}$		$= 31,42$

3.2.- Berechnung der Koordinaten für Kleinpunkte (desgl. auch Koordinatenumformung)

1) $s = \sqrt{(y_n - y_1)^2 + (x_n - x_1)^2}$ mit "Py"-Teilung

2) $o = \frac{y_n - y_1}{s}$ $a = \frac{x_n - x_1}{s}$ mit "Lo"-Teilung

3) $\Delta y = o \cdot \Delta s$ $\Delta x = a \cdot \Delta s$

Bei Formel 3 bleibt der Läufer während der ganzen Rechnung auf o bzw. a stehen.

$$\text{Probe: } [\Delta y] = y_n - y_1 \quad [\Delta x] = x_n - x_1$$

Den Abschlußfehler muß man theoretisch proportional dem Quadrat der Koordinatenunterschiede verteilen. Er wird aber stets so klein sein, daß man die Verteilung ohne besondere Rechnung vornehmen kann.

3.3.- Mittlere Fehler

$$\mu = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-v}}$$

Man rechnet zuerst $w = \sqrt{[v^2]}$ mit "Py"-Teilung nach 2.4. Dann

$$\mu = \frac{w}{\sqrt{n-v}} \text{ mit der "Lo"-Teilung } n-v \text{ ist stets eine ganze Zahl unter 20.}$$

Für die Wurzeln aus diesen Zahlen fertigt man sich bei häufigem Gebrauch am besten eine kleine Tabelle und klebt sie auf die Rückseite des Instrumentes.

3.4.- Polygon und Bussolenzüge

Man rechnet die Koordinatenunterschiede auf der "Lo"-Teilung, wobei man die Winkelfunktionswerte aus einer vierstelligen Tabelle entnimmt. Dann sei noch auf die mit der "Py"-Teilung leicht auszuführende, wenn auch nicht ganz durchgreifende Rechenprobe $s = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2}$ hingewiesen.

Sonstige Anwendungen aus der Vermessungspraxis, wie z.B. bei Bogenabsteckungen, Flächenberechnungen, Ausgleichungen bzw. Fehlerverteilungen brauchen nicht besonders erläutert zu werden. Einer der Hauptvorteile des Schiebers besteht darin, daß durch die schnelle und sichere Kontrolle rechter Winkel die Feldarbeiten wesentlich verringert werden.

Auf der Rückseite des Instrumentes sind Fehlergrenzen für Längenmessungen und einige häufig gebrauchte Formeln angegeben. Wer die speziellen Angaben für Eisenbahnlandmesser nicht braucht, kann sie mit anderen selbstgeschriebenen Notizen überkleben. Die 8 Anlegemaßstäbe an den schrägen Kanten werden gelegentlich gute Dienste leisten und namentlich im Feldgebrauch die Handhabung vereinfachen.

Ueber die Genauigkeit wäre folgendes zu sagen: Aus einer Reihe Versuchsberechnungen ergab sich der mittlere lineare Schätzungsfehler zu $\pm 0,063$ mm, der an allen Stellen der Teilung eingehalten werden kann. Damit ergibt sich für die "Lo"-Teilung, der mittlere Fehler eines aus 2 Argumenten berechneten Wertes zu $\pm 0,4$ ‰ der Ablesung, für die "Py"-Teilung von $\pm 0,5$ ‰ (an der ungünstigsten Stelle bei 10,0 der Bezifferung 0 - 25) bis $\pm 0,1$ ‰. Bei Hypotenusen zwischen 100,0 u. 125,0 kann man die Rechnung noch wesentlich verschärfen, wenn man die Katheten verdoppelt, man liest dann das Resultat im Gebiet, 200 bis 250 der Bezifferung 0 - 25 ab, das man dann wieder halbieren muß. Der mittlere Fehler geht dadurch auf $\pm 0,15$ bis $0,10$ ‰ herunter.

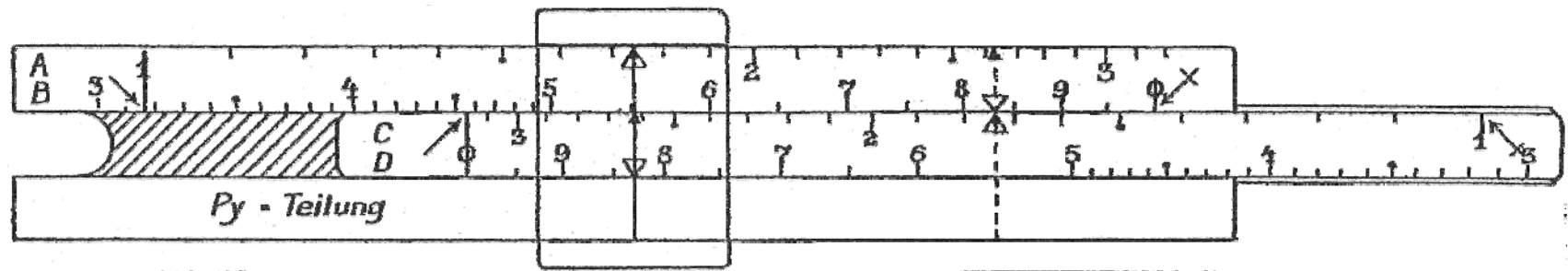
Damit dürfte die Brauchbarkeit des Instrumentes bewiesen sein, dessen Vorzüge zusammenfassend folgende sind:

- 1) Handlichkeit wie beim gewöhnlichen 25 cm Rechenschieber.
- 2) Genauigkeit, die für die geodätische Praxis vollständig ausreicht.
- 3) Schnelligkeit und Sicherheit der Rechnung.
- 4) Vielseitige Verwendbarkeit, besonders auch durch die rückseitigen Tabellen und Formeln und durch die 8 Maßstäbe.
- 5) Einfache, beiden Teilungssystemen gemeinsame Rechenregeln.

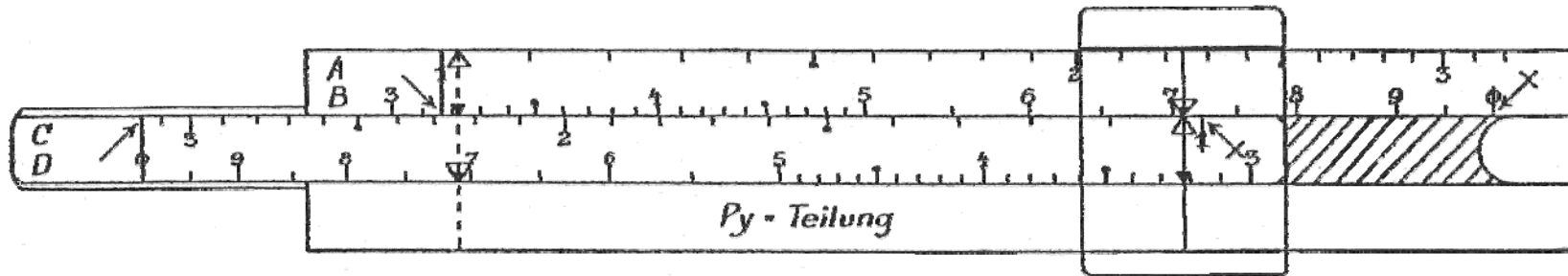
Saarbrücken, Februar 1925

Seifert

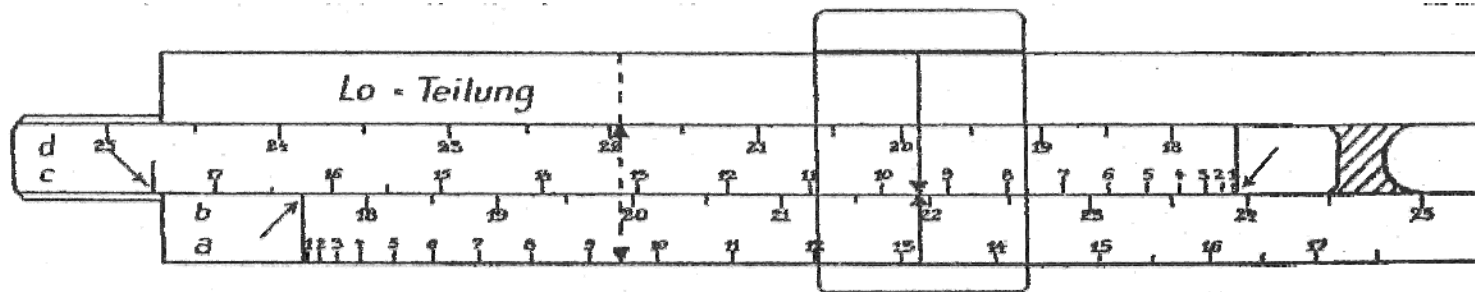
Figur 1



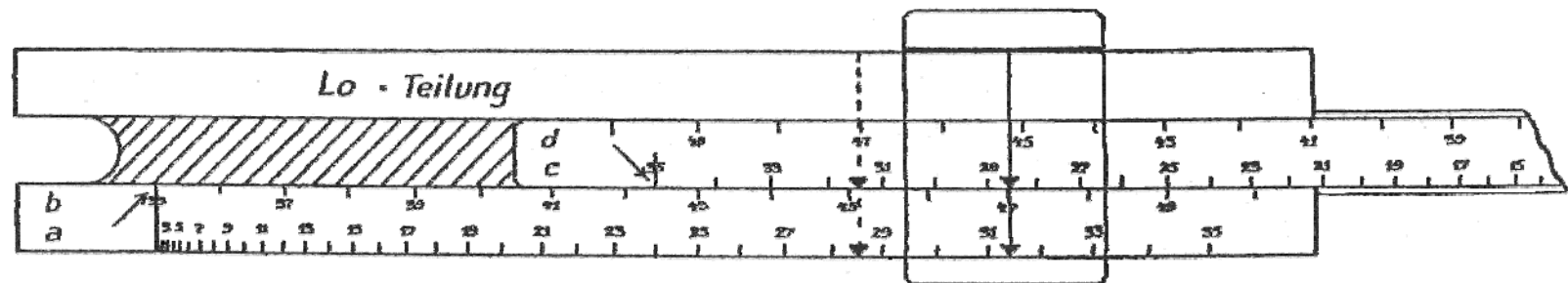
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

