

**ANLEITUNG  
ZUM  
RECHENSTAB**

**ARISTO**

**BILDFLUG**

Vers. Nr. 7520-12-127-3643

**956**

## INHALT

1. Die Skalenanordnung . . . . .	3
2. Diagrammdarstellung der Beispiele . . . . .	6
3. Die Bildflugseite . . . . .	6
3.1 Mathematischer Aufbau . . . . .	6
3.2 Erläuterung der Skalen und Marken . . . . .	7
3.3 Arbeitsweise bei den gebräuchlichsten "einfachen Aufgaben" . . . . .	8
3.4 Arbeitsweise bei kombinierten Aufgaben und er- weiterter Gebrauch der Skalen . . . . .	14
3.5 Arbeitsweise bei Aufgaben zur Vorbereitung von Bildflügen . . . . .	16
3.6 Die Anwendung der Skalen unter Außerachtlassung ihrer ursprünglichen Bedeutung . . . . .	19
4. Die allgemeine Seite . . . . .	20
4.1 Multiplikation . . . . .	20
4.2 Division . . . . .	21
4.3 Vereinigte Multiplikation und Division . . . . .	21
4.4 Die Reziprokskala CI . . . . .	22
4.5 Proportions- und Tabellenrechnung . . . . .	22
4.6 Potenzen und Wurzeln . . . . .	23
4.7 Winkelfunktionen . . . . .	23
4.8 Der Läufer und seine Marken . . . . .	
5. Behandlung des ARISTO-Rechenstabes . . . . .	

## 1. Die Skalenanordnung

Der Zweiseiten-Rechenstab ARISTO-BILDFLUG ist ein Spezialrechenstab für den Bildauswerter und andere mit der Planung und Durchführung von Bildaufträgen beauftragte Person.

Der Rechenstab besteht aus Körper, Zunge und Zweiseitenläufer mit Ableselinien.

Er wird unterteilt in:

Vorderseite oder Bildflug-Seite

Rückseite oder allgemeine Seite

Die Bildflugseite wird bei senkrechter Haltung des Rechenstabes benutzt. Daher wird in dieser Anleitung für die Bildflugseite von linker und rechter Körperleiste, linker und rechter Hälfte der Zunge gesprochen. Dagegen wird die allgemeine Seite wie bei jedem üblichen Rechenstab in waagerechter Lage benutzt, weshalb hier von oberer und unterer Körperleiste usw. die Rede sein wird.

Die Skalen auf der Bildflugseite (vgl. S. 4) sind für die "Flughöhe über Grund" und die "Geländestrecke" in Fuss (feet) und für die "Brennweite" in Zoll (inches) angegeben.

Damit wird den augenblicklichen Verhältnissen Rechnung getragen, denn die Flughöhe wird nicht nur in der militärischen, sondern auch in der zivilen Luftfahrt grundsätzlich in Fuss angegeben.

Ebenso haben alle in der Bundeswehr verwendeten Luftaufnahme-geräte - einschliesslich der deutschen - eine nach Zoll berechnete Brennweite. Die Geländestrecke ist bei normaler Verwendung des Rechenstabes in Fuss angegeben. Diese Skala kann aber auch als Meter-Skala, wie später näher erläutert wird, verwendet werden.

4	<u>Bildflugseite:</u>	Geländestrecke (feet)	1 - 10000 Fuss	}	auf der rechten Körperleiste
		Grundgeschwindigkeit	100 - 1000 mph oder Kn		
		Bildstrecke (cm)	0,03 - 100 cm	}	auf der Zunge
		Bildstrecke (feet)	0,01 - 4 Fuss		
		Brennweite (inches)	1 - 300 Zoll		
		Flughöhe (feet)	100 - 300000 Fuss		auf der linken Körperleiste

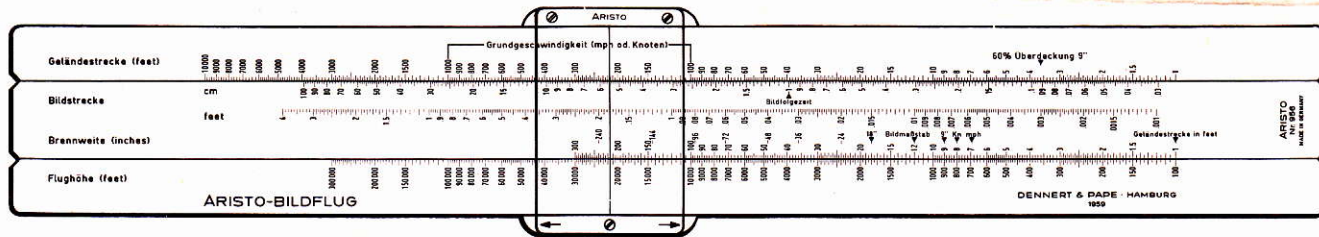


Abb. 1 - Bildflugseite

Allgemeine Seite: T

	T	Tangens- und Kotangensskala von $5,5^\circ$ bis $45^\circ$ rückläufig von $45^\circ$ bis $84,5^\circ$	$\begin{matrix} \leftarrow \tan \\ \leftarrow \cot \end{matrix}$	} auf der oberen Körperleiste
	K	Kubus-Skala	$x^3$	
	A	Quadrat-Skala	$x^2$	} auf der Zunge
	B	Quadrat-Skala	$x^2$	
	CI	Reziprok-Skala	$1/x$	} auf der unteren Körperleiste
	C	Grundskala	$x$	
	D	Grundskala	$x$	} auf der unteren Körperleiste
	ST	Skala kleiner Winkel von $0,55^\circ$ bis $6^\circ$	$\leftarrow \text{arc}$	
	S	Sinus- und Kosinusskala von $5,5^\circ$ bis $90^\circ$ rückläufig von $0^\circ$ bis $84,5^\circ$	$\begin{matrix} \leftarrow \sin \\ \leftarrow \cos \end{matrix}$	

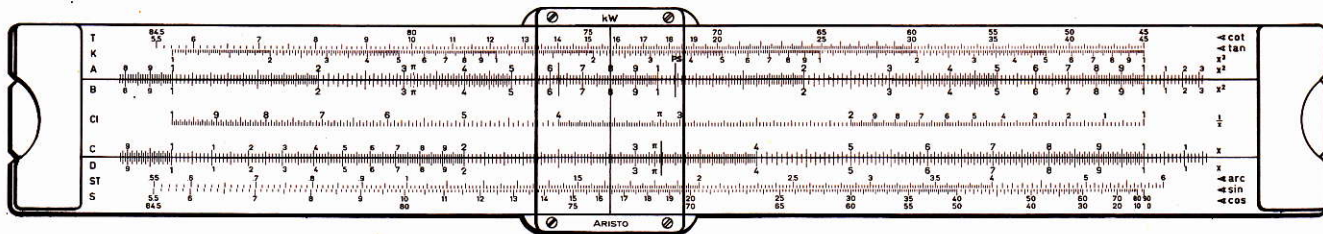


Abb. 2 - Allgemeine Seite

## 2. Diagrammdarstellung der Beispiele

In folgendem soll eine einprägsame 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 Parallellinien angedeutet, an deren Ende ihre Benennung steht. Folgende Symbole erleichtern die Lesbarkeit der Diagramme:

Anfangseinstellung	○	28
Jede weitere Einstellung	●	12
Einstellung an Teilungsmarke	▼	mph
Endergebnis	⊙	77
Zwischenergebnis	⊗	4,5
Pfeile geben die Reihenfolge und Bewegungsrichtung an	→ ↓	
Ein senkrechter Strich stellt den Läufer dar	⌋	

Abb. 3

Als Einführung diene ein einfaches Beispiel:

$$\frac{28}{12} \cdot 33 = 77$$



Abb. 4

## 3. Die Bildflugseite

### 3.1 Mathematischer Aufbau

Die Bildflugseite ist nach folgender Formel aufgebaut:

$$1 : \text{PSR} = d : D = F : h$$

$$(1 : m = b : g = F : h)$$

Dabei bedeutet:

PSR	bzw. m	Bildmaßstabszahl
d	bzw. b	Bildstrecke
D	bzw. g	Geländestrecke
F		Brennweite der Aufnahmekamera
h		Flughöhe über Grund

Die Bildflugseite dient somit zur Lösung von Aufgaben, die sich im Luftbildwesen im Zusammenhang mit Senkrechtbildern ergeben.

Ueber die angeführten Werte hinaus können noch andere Aufgaben gelöst werden, wie z. B. die Berechnung der Bildfolgezeit und erweiterte Aufgaben, wie sie bei der Vorbereitung von Bildflügen vorkommen. Die Berechnung irgendwelcher Werte nach der o. a. Formel geschieht nach dem Prinzip der Verhältnisgleichung, wonach ein vierter Wert errechnet werden kann, wenn drei Werte bekannt sind ( $x = \frac{a \cdot b}{c}$ ), d. h. beim Arbeiten mit der Bildflugseite werden wie mit jedem anderen Rechenstab einfache Multiplikationen und Divisionen durch-

geführt. Allerdings wird durch die Art der Skalen (Ablesen endgültiger Werte), ihre Anordnung und durch ihr Verhältnis zueinander die Durchführung der Berechnungen wesentlich erleichtert.

### 3.2 Erläuterung der Skalen und Marken

A. Auf der linken Seite des Stabes befindet sich die Skala "Flughöhe (feet)". Sie dient zum Einstellen oder Ablesen der Flughöhe über Grund in Fuss und hat eine Unterteilung von 100 - 300000 Fuss. Außerdem geben die Zahlen dieser Skala die Bildmaßstabzahl (PSR) an und in besonderen Fällen dient diese Skala als Geländestrecke in Fuss.

B. Auf der linken Seite der Zunge ist die Skala "Brennweite (inches)" angebracht. Sie dient zum Einstellen oder Ablesen der Brennweite der Aufnahmekamera in Zoll und hat eine Unterteilung von 1 - 300 Zoll.

In besonderen Aufgaben kann diese Skala auch als

"Bildstrecke (d)" in Zoll

oder als

"Bildformat (PD)" in Zoll

gebraucht werden.

Die besonderen Markierungen dieser Skala haben folgende Aufgaben:

- a. Gegenüber der Marke "12 Bildmaßstab" wird auf der Skala "Flughöhe" die Bildmaßstabzahl abgelesen.
- b. Die Bezeichnungen "Kn" und "mph" werden zum Errechnen der Bildfolgezeit gebraucht.
- c. Die Indexmarkierung bei 9" und 18" geben in Verbindung mit dem Maßstab das gedeckte Gelände bei den Bildformaten 9" und 18" an.
- d. Die Marke "Geländestrecke in feet" bei der Zahl 1 gibt an, wie groß bei einem bestimmten Maßstab ein Zoll auf dem Bild im Gelände in Fuss ist.

C. Die Skala "Bildstrecke" ist auf der rechten Seite der Zunge zweimal aufgetragen.

- a. Unterteilt nach Fuss mit einer Einteilung von 0,001 - 4 Fuss;
- b. Unterteilt nach Zentimetern mit einer Einteilung von 0,03 - 100 cm.

Beachte: Aus Gründen der Uebersichtlichkeit ist auf dem Rechenstab sowohl bei der feet-Einteilung als auch bei der cm-Einteilung die Null vor dem Komma fortgelassen! Der normalen Schreibweise von z. B. 0,06 entspricht auf dem Rechenstab der Wert .06.

Die Marke bei der Zahl 1 "Bildfolgezeit" dient zum Ablesen der Bildfolgezeit auf der Skala "Geländestrecke (feet)".

- D. Auf der rechten Seite des Stabes befindet sich die Skala "Geländestrecke (feet)". Sie dient zum Einstellen oder Ablesen der Geländestrecke in Fuss und hat eine Unterteilung von 1 - 10000 Fuss.

Außerdem wird diese Skala für die Errechnung der Bildfolgezeit gebraucht. Für diesen Arbeitsvorgang dienen die Markierung "Grundgeschwindigkeit (mph oder Knoten)" und die Marke 60 % Längsüberdeckung bei 9".

### 3.3 Arbeitsweise bei den gebräuchlichsten "einfachen Aufgaben"

Die beiden linken Skalen (Flughöhe über Grund und Brennweite) entsprechen dem Teil: " $1 : \text{PSR} = F : h$ " der unter 3.1 aufgeführten Formel in folgender Anordnung:

Flughöhe (feet)	Brennweite (inches)
h	F
PSR	1

Je nachdem, welche Werte dieses Teils der Formel gegeben sind, kann man mit diesen beiden Skalen

- Bildmaßstabzahl (PSR) durch h und F
- Brennweite der Aufnahmekamera (F) durch PSR und h
- Flughöhe über Grund (h) durch PSR und F

bestimmen.

#### Zu A.: Bestimmung der Bildmaßstabzahl durch h und F

Beispiel: Was für einen Bildmaßstab erhält man, wenn von einem Flugzeug in einer Höhe von 40 000' über Grund mit einer Kamera, deren Brennweite 36" beträgt, Senkrechtaufnahmen gemacht werden?

Rechen-  
gang: Die Ableselinie des Läufers wird über 40 000 der Skala "Flughöhe" geschoben und 36 der Skala "Brennweite" unter die Ableselinie gegenüber 40 000 gestellt.

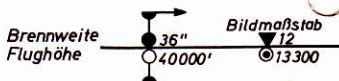


Abb. 5

Gegenüber der Marke "12-Bildmaßstab" liest man auf der Skala "Flughöhe" das Ergebnis ab: 13 300.

Lösung: Der Bildmaßstab beträgt 1:13 300.

#### Zu B.: Bestimmung der Brennweite der Aufnahmekamera durch PSR und h

Beispiel: Bei einer vorgeschriebenen Flughöhe von 15 000' sollen Senkrechtaufnahmen im Maßstab von 1:7 500 gemacht



werden. Welche Brennweite muss die eingebaute Kamera haben?

Rechen- Die Marke "12-Bild-  
gang: maßstab" auf der  
Skala "Brennweite"  
wird gegenüber 7500  
auf der Skala "Flug-  
höhe" eingestellt.  
Gegenüber 15 000' der  
Skala "Flughöhe" liest  
man auf der Skala  
"Brennweite" das Er-  
gebnis ab: 24.

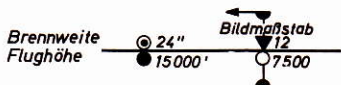


Abb. 6

Lösung: Die Kamera muss eine Brennweite von 24" haben.

Zu C.: Bestimmung der Flughöhe über Grund durch PSR und F

Beispiel: Es sind Aufnahmen im Maßstab 1:12800 gemacht worden. Eingebaut war die RMK 15/23 (F = 6"). Wie groß war die Flughöhe über Grund?

Rechen- Die Marke "12-Bild-  
gang: maßstab" auf der  
Skala "Brennweite"  
wird gegenüber  
12800 auf der Skala  
"Flughöhe" einge-  
stellt. Gegenüber 6  
der Skala "Brenn-  
weite" wird auf der  
Skala "Flughöhe" das  
Ergebnis abgelesen: 6400.



Abb. 7

Lösung: Die Flughöhe über Grund betrug 6400'.

Werden die beiden linken Skalen (Flughöhe und Brennweite) mit den beiden rechten (Bildstrecke und Geländestrecke) in einem Arbeitsgang gekoppelt, so kann man die Werte folgender Teilformeln der unter 3.1 aufgeführten Formel bestimmen:

$$PSR = d : D \quad \text{und} \quad d : D = F : h$$

Die Anordnung auf dem Rechenstab ist dann:

Flughöhe (feet)	Brennweite (inches)	Bildstrecke (feet) (cm)	Geländestrecke (feet)
PSR	1	d	D
		oder	
h	F	d	D

Je nachdem, welche Werte nun gegeben sind, kann man:

- D. Bildmaßstabszahl (PSR) durch d und D
- E. Geländestrecke (D) durch PSR und d
- F. Bildstrecke (d) durch PSR und D

oder

- G. Flughöhe über Grund (h) durch F, d und D  
 H. Brennweite der Aufnahmekamera (F) durch h, d und D  
 J. Bildstrecke (d) durch h, F und D  
 K. Geländestrecke (D) durch h, F und d

bestimmen.

Zu D.: Bestimmung der Bildmaßstabszahl (PSR) durch d und D

Beispiel 1: Die Breite der Autobahn beträgt 69'. Dieselbe Strecke auf dem Luftbild wurde mit 0,008' gemessen. Wie groß ist der Bildmaßstab?

Rechengang: Die Ableselinie des Läufers wird über 69 der Skala "Geländestrecke" gebracht und ihr gegenüber unter der Ableselinie 0,008 der Skala "Bildstrecke feet" eingestellt. Gegenüber der Marke "12-Bildmaßstab" wird auf der Skala "Flughöhe" die Maßstabszahl abgelesen: 8600.

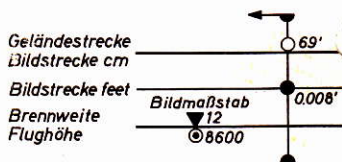


Abb. 8

Lösung: Der Bildmaßstab beträgt 1:8600.

Beispiel 2: Zwei Punkte im Gelände sind 2400' voneinander entfernt. Dieselbe Strecke auf dem Luftbild beträgt 6,6 cm. Wie groß ist der Bildmaßstab?

Rechengang: Die Ableselinie des Läufers wird über 2400 der Skala "Geländestrecke" gebracht und ihr gegenüber unter der Ableselinie 6,6 der Skala "Bildstrecke cm" eingestellt. Gegenüber der Marke "12-Bildmaßstab" wird auf der Skala "Flughöhe" die Maßstabszahl abgelesen: 11100.

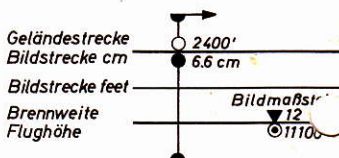


Abb. 9

Lösung: Der Bildmaßstab beträgt 1:11100.

Zu E.: Bestimmung der Geländestrecke (D) durch PSR und d

Beispiel 1: Auf einem Luftbild mit einem Maßstab von 1:7800 hat ein Objekt eine Länge von 0,016'. Wie groß ist dieses Objekt in der Natur?

Rechengang: Der Maßstab 1:7800 wird eingestellt, indem man die Marke "12-Bildmaßstab" gegenüber 7800 der Skala "Flughöhe" stellt. Gegenüber 0,016 der Skala "Bildstrecke feet", liest man auf der Skala "Geländestrecke" das Ergebnis ab: 125.

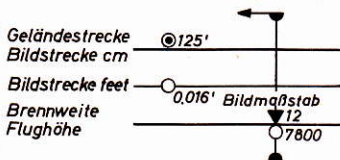


Abb. 10

Lösung: Das Objekt hat eine tatsächliche Länge von 125 Fuß.

**Beispiel 2:** Auf einem Luftbild mit einem Maßstab von 1:5000 ist eine gemessene Strecke 3,0 cm lang. Wie groß ist die entsprechende Geländestrecke?

Rechengang: Der Maßstab 1:5000 wird wie im vorigen Beispiel beschrieben eingestellt. Gegenüber 3,0 der Skala "Bildstrecke cm" liest man auf der Skala "Geländestrecke" das Ergebnis ab: 491.

Lösung: Die Geländestrecke beträgt 491'.

Zu F.: Bestimmung der Bildstrecke (d) durch PSR und D

**Beispiel:** Auf einem Luftbild mit einem Maßstab von 1:18000 soll eine Maßstabsskala (d) eingezeichnet werden, die einer Länge von 1000' entspricht. Wie lang ist die Maßstabsskala in Fuß und in cm?

Rechengang: Der Maßstab 1:18000 wird wie im vorigen Beispiel beschrieben eingestellt. Gegenüber 1000 der Skala "Geländestrecke" wird auf der Skala "Bildstrecke feet" das Ergebnis abgelesen: 0,0555' und auf der Zentimeter-Skala: 1,7 cm.

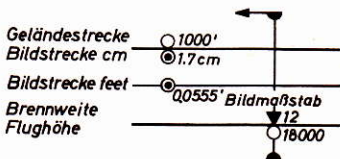


Abb. 11

Lösung: Die einzuziehende Maßstabsskala hat eine Länge von 0,0555' bzw. 1,7 cm.

### Zu G.: Bestimmung der Flughöhe über Grund (h) durch F, d und D

**Beispiel:** Ein Objekt mit einer Länge von 38' soll so aufgenommen werden, daß es auf dem Luftbild eine Größe von 1 cm hat. Wie hoch muß geflogen werden, wenn eine Kamera mit einer Brennweite von 24" zur Verfügung steht?

**Rechen- gang:** 38 der Skala "Geländestrecke" wird gegenüber 1 der Skala "Bildstrecke cm", wie in vorigen Beispielen beschrieben, eingestellt. Gegenüber 24 der Skala "Brennweite" wird auf der Skala "Flughöhe" das Ergebnis abgelesen: 2310.

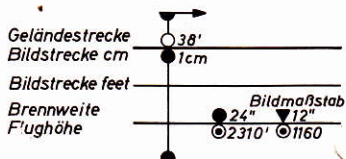


Abb. 12

**Lösung:** Die erforderliche Flughöhe über Grund beträgt 2310 Fuß.

**Beachte:** Bei dieser Einstellung kann man gleichzeitig den Bildmaßstab ablesen: 1:1160.

### Zu H.: Bestimmung der Brennweite (F) durch h, d und D

**Beispiel:** Bei einer durch die Wolkenuntergrenze bedingten Flughöhe von 6500' über Grund soll ein Flugplatz mit einer Länge von 8500' so aufgenommen werden, daß er auf dem Luftbild eine Länge von 22 cm hat. Was für eine Brennweite muß die einzusetzende Kamera haben?

**Rechen- gang:** 8500 der Skala "Geländestrecke" wird gegenüber 22 der Skala "Bildstrecke cm", wie vorher beschrieben, eingestellt. Gegenüber 6500 der Skala "Flughöhe" wird auf der Skala "Brennweite" das Ergebnis abgelesen: 6,6.

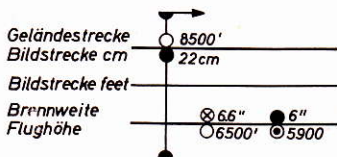


Abb. 13

**Lösung:** Die Kamera müsste bei einer unbedingten Flughöhe von 6500' eine Brennweite von 6,6" haben. Da es aber nur Kameras mit einer Brennweite von 6" gibt, lautet die Lösung 6". Die tatsächliche Flughöhe beträgt dann 5900'.

**Beachte:** Bei dieser Einstellung kann man gleichzeitig den Bildmaßstab ablesen: 1:11800.

### Zu J.: Bestimmung der Bildstrecke (d) durch h, F und D

Beispiel: Auf einem Luftbild, das aus einer Flughöhe von 20000' über Grund mit einer Brennweite von 12" aufgenommen wurde, muß ein Objekt von einer Länge von 480' wie groß sein? Angabe in Fuß und Zentimeter.

Rechen- 20000 der Skala  
gang: "Flughöhe" wird gegenüber 12 der Skala "Brennweite" eingestellt. Gegenüber 480 der Skala "Geländestrecke" wird auf der Skala "Bildstrecke" abgelesen, und zwar auf der Fuß-Skala: 0,024' und auf der cm-Skala: 0,73.

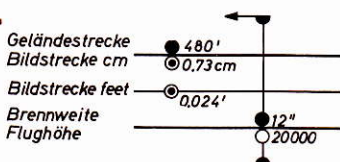


Abb. 14

Lösung: Das Objekt hat auf dem Luftbild eine Größe von 0,024' bzw. 0,73 cm.

Beachte: Bei dieser Einstellung kann man gleichzeitig den Bildmaßstab mit 1:20000 ablesen. Bei F : 12" Flughöhe = Bildmaßstab.

### Zu K.: Bestimmung der Geländestrecke durch h, F und d

Beispiel: Auf einem Luftbild, das aus einer Flughöhe von 45000' über Grund mit einer Brennweite von 36" aufgenommen wurde, wird ein Objekt mit 0,03 gemessen. Wie groß ist das Objekt in der Natur?

Rechen- 45000 der Skala "Flughöhe" wird gegenüber 36 der  
gang: Skala "Brennweite" eingestellt. Gegenüber 0,03 der Skala "Bildstrecke feet" wird auf der Skala "Geländestrecke" das Ergebnis abgelesen: 450'.

Lösung: Das Objekt hat eine tatsächliche Länge von 450'.

Beachte: Bei dieser Einstellung kann man gleichzeitig den Bildmaßstab mit 1:15000 ablesen.

### Zusammenfassung zum Abschnitt 3.3

Mit den Skalen der Bildflugseite können folgende Hauptaufgaben durchgeführt werden:

Berechnung d. Maßstabszahl	(PSR) durch h und F	(Beisp.A)
Berechnung d. Maßstabszahl	(PSR) durch d und D	(Beisp.D)
Berechnung d. Geländestrecke	(D) durch PSR und d	(Beisp.E)
Berechnung d. Geländestrecke	(D) durch h, F und d	(Beisp.K)
Berechnung d. Bildstrecke	(d) durch PSR und D	(Beisp.F)
Berechnung d. Bildstrecke	(d) durch h, F und D	(Beisp.J)
Berechnung d. Flughöhe über Grund	(h) durch PSR und F	(Beisp.C)
Berechnung d. Flughöhe über Grund	(h) durch F, d und D	(Beisp.G)
Berechnung d. Brennweite	(F) durch PSR und h	(Beisp.B)
Berechnung d. Brennweite	(F) durch h, d und D	(Beisp.H)

### 3.4 Arbeitsweise bei kombinierten Aufgaben und erweiterter Gebrauch der Skalen

Bei der praktischen Arbeit im Luftbildwesen kommt es oft vor, daß zur Lösung einer Aufgabe mehrere Werte ermittelt werden müssen. Hierbei erweist sich der Rechenstab ARISTO-BILDFLUG als besonders praktisch, da man meist mit einer Einstellung die Antwort auf mehrere Fragen bekommt.

1. Beispiel: Es sollen mit der RMK 15/23 (Bildformat 9" x 9", Brennweite 6") Aufnahmen im Maßstab 1:15000 gemacht werden.

- a. In welcher Höhe über Grund muß geflogen werden?
- b. Wie groß ist das Gelände, das mit einer Aufnahme gedeckt wird?

Rechengang: Der Maßstab 1:15000 wird eingestellt, indem man die Markierung "12-Bildmaßstab" gegenüber 15000 der Skala "Flughöhe" stellt.

Gegenüber 6 der Skala "Brennweite" wird auf der Skala "Flughöhe" 7500, und gegenüber 9 der Skala "Brennweite" wird auf der Skala "Flughöhe" 11250 abgelesen.

- Lösung:
- a. Flughöhe über Grund: 7500'.
  - b. Es wird ein Gelände von 11250' x 11250' gedeckt.

Aus diesem Beispiel ist ersichtlich, daß die Skala "Brennweite" auch als "Bildformat bzw. Bildstrecke in Zoll" und die Skala "Flughöhe" als "Geländestrecke in Fuß" dienen kann.

2. Beispiel: Ein Flugplatz mit einer Länge von 9500' soll im Maßstab 1:18000 fotografiert werden. Die größtmögliche Flughöhe über Grund beträgt 10000'. Das Bildformat ist 9" x 9".

- a. Wie groß muß die Brennweite der Kamera sein?
- b. Wie hoch ist die tatsächliche Flughöhe über Grund?
- c. Wird der Flugplatz mit einer Aufnahme gedeckt?

Rechengang: Der Maßstab 1:18000 wird wie vorher beschrieben eingestellt. Fährt man mit dem Läufer auf 10000 der Skala "Flughöhe" - diese Flughöhe war als größtmögliche angegeben - so findet man auf der Skala "Brennweite" 6,7", d.h. die Brennweite der Kamera muß mit 6" angegeben werden. Gegenüber 6" findet man die Flughöhe über Grund: 9000'.

Ohne die Einstellung zu verändern, fährt man mit dem Läufer auf 9" (Bildformat) der Skala "Brennweite" und liest gegenüber die Zahl 13500 ab.

Lösung:

- Die Brennweite beträgt 6".
- Die Flughöhe über Grund ist 9000'.
- Der Platz wird mit einer Aufnahme gedeckt, da mit einer Aufnahme eine Länge von 13500' gedeckt wird, der Platz aber nur 9500' lang ist.

3. Beispiel:

Auf einem Luftbild wird eine Strecke mit 2 cm gemessen, die im Gelände 550' lang ist. Die Aufnahmekamera hatte ein Bildformat von 9" und eine Brennweite von 24".

- Wie groß ist der Bildmaßstab?
- Wie hoch war die Flughöhe über Grund?
- Wie groß ist das gedeckte Gelände bei einer Aufnahme?

Rechengang:

2 cm der Skala "Bildstrecke" werden gegenüber 550' der Skala "Geländestrecke" eingestellt. Bei dieser Einstellung liest man der Reihe nach gegenüber der Skala "Brennweite" auf der Skala "Flughöhe" ab;

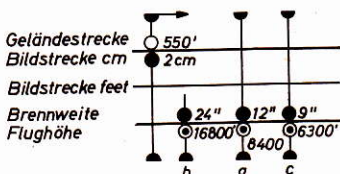


Abb. 15

bei 12" (Bildmaßstab) 8400  
bei 24" (Brennweite) 16800  
bei 9" (Bildformat) 6300

Lösung:

- Der Bildmaßstab ist 1:8400.
- Die Flughöhe beträgt 16800' über Grund.
- Mit einer Aufnahme werden 6300' x 6300' gedeckt.

4. Beispiel:

Ein Objekt mit einer Länge von 780' soll im Maßstab 1:7500 aufgenommen werden. Brennweite der Kamera 24".

- Wie groß ist das Objekt auf dem Luftbild?
- Wie hoch ist die Flughöhe über Grund?

Rechengang:

Der Maßstab 1:7500 wird wie vorher beschrieben eingestellt. Gegenüber 780 der Skala "Geländestrecke" liest man

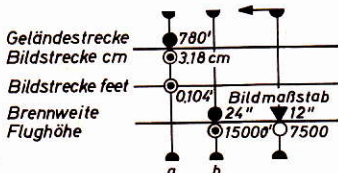


Abb. 16

auf der Skala "Bildstrecke" entweder in cm, in diesem Fall 3,18, oder in Fuß: 0,104 ab. Bei derselben Einstellung (1:7500) fährt man mit dem Läufer über 24" der Skala "Brennweite" und liest gegenüber auf der Skala "Flughöhe" 15000 ab.

- Lösung:
- Das Objekt hat auf dem Bild eine Länge von 3,18 cm bzw. 0,104'.
  - Die Flughöhe beträgt 15000' über Grund.

### 3.5 Arbeitsweise bei Aufgaben zur Vorbereitung von Bildflügen

Zur Bildflugvorbereitung von Bildskizzen und Bildplänen müssen folgende Fragen gelöst werden:

- Flughöhe über Grund
- Flughöhe NN (MSL)
- Anzahl der Aufnahmen pro Flugstreifen
- Anzahl der Flugstreifen
- Anzahl der gesamten Aufnahmen
- Bildfolgezeit
- Abstand der Flugstreifen im Maßstab der verwendeten Flugkarte

Folgende Werte müssen gegeben sein:

- Verlangter Maßstab der Bildskizze
- Länge und Breite der Bildskizze
- Eingebaute Luftbildkamera (Brennweite und Bildformat)
- Längsüberdeckung der Aufnahmen in einem Streifen
- Seitenüberdeckung der Streifen
- Geschwindigkeit des Flugzeuges (Knoten oder mph)
- Mittlere Geländehöhe der zu erfliegenden Bildskizze (nach Kartenangaben)

#### Beispiel:

Eine Bildskizze mit folgenden Angaben soll erfolgen werden:

- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1. Maßstab der Bildskizze          | 1:7500                    |
| 2. Länge und Breite der Bildskizze | 12 x 5 km                 |
| 3. LB-Kamera                       | F = 6" Bildformat 9" x 9" |
| 4. Längsüberdeckung +)             | 60 %                      |
| 5. Seitenüberdeckung +)            | 30 %                      |
| 6. Geschwindigkeit des Flugzeuges  | 180 Knoten                |
| 7. Mittlere Geländehöhe            | 640 m                     |

- + ) Wenn man einen Streifen ohne Ueberdeckung fliegt, d.h. Aufnahme neben Aufnahme liegt, beträgt der Abstand von Aufnahme zu Aufnahme ein ganzes Bildformat (100 %).



60 % Längsüberdeckung bedeutet, daß die zweite Aufnahme die erste um 60 % überdeckt (auf der zweiten Aufnahme werden 60 % des durch die erste Aufnahme gedeckten Geländes noch einmal gedeckt), die dritte Aufnahme die zweite wieder um 60 % überdeckt usw.

Wenn sich die einzelnen Aufnahmen nun in der Längsrichtung mit 60 % überdecken, so bleiben jeweils 40 % übrig, die nicht überdeckt sind, d.h. der Abstand von Aufnahme zu Aufnahme beträgt 40 % des Bildformates. Entsprechend beträgt bei 30 % Seitenüberdeckung der Abstand von Streifen zu Streifen 70 % des Bildformates.

#### Rechengang:

##### f. Umwandlung der Kilometer und Meter in Fuß

Auf der allgemeinen Seite rechnet man mit Skalen A und B. Durch Multiplikation der metrischen Werte mit dem Faktor 3,28 (1 m = 3,28') ergibt sich:

Länge der Skizze	12000 m	=	39400'
Breite der Skizze	5000 m	=	16400'
Mittlere Geländehöhe	640 m	=	2100'

Die gefundenen Werte werden notiert.

##### b. Auffinden der Flughöhe über Grund und über NN (MSL)

Einstellen der Bildmaßstabszahl 7500 auf der Bildflugseite des Rechenstabes. Ablesen der Flughöhe über Grund gegenüber 6" der Skala "Brennweite": 3750'.

Addiert man die Geländehöhe zur Höhe über Grund, so erhält man die Flughöhe über NN (MSL), die dem Flugzeugführer angegeben wird:  $3750' + 2100' = \underline{5850'}$ .

##### c. Feststellen des Aufnahmeabstandes bei 60 % Längsüberdeckung und des Streifenabstandes bei 30 % Seitenüberdeckung

Diese Berechnung wird bei gleichbleibender Einstellung des Rechenstabes wie für b. durchgeführt.

wurde gesagt, daß bei 60 % Längsüberdeckung der Abstand von Aufnahme zu Aufnahme 40 % des Bildformates beträgt. 40 % von 9" (Bildformat): 3,6".

Stellt man die Ableselinie des Läufers auf 3,6 der Skala "Brennweite", so kann auf der Skala "Flughöhe" das gedeckte Gelände mit 2250' abgelesen werden.

Aufnahmeabstand im Streifen bei 60 % Längsüberdeckung = 2250'

Bei 30 % Seitenüberdeckung beträgt der Abstand von Streifen zu Streifen 70 % des Bildformates. 70 % von 9" (Bildformat): 6,3".

Gegenüber der 6,3 der Skala "Brennweite" ist auf der Skala "Flughöhe" das gedeckte Gelände mit 3920' abzulesen.

Streifenabstand bei 30 % Seitenüberdeckung = 3920'

d. Errechnen der Aufnahmenanzahl pro Streifen, der Streifenanzahl und der Aufnahmenzahl für die gesamte Bildskizze

Die Rechnung erfolgt auf der allgemeinen Seite mit den Skalen C und D. Die Anzahl der Aufnahmen pro Streifen erhält man aus der Gesamtlänge der Skizze bzw. eines Flugstreifens dividiert durch den Aufnahmeabstand.

$39400' : 2250' = 17,5$  Aufnahmenanzahl pro Streifen = 18

Die Anzahl der benötigten Streifen erhält man aus der Gesamtbreite der Skizze dividiert durch den Streifenabstand

$16400' : 3920' = 4,2$  Anzahl der Streifen = 4

Die Streifenanzahl multipliziert mit der Aufnahmenanzahl pro Streifen ergibt die theoretische Anzahl der Aufnahmen für die Bildskizze.

4 Streifen x 18 Aufnahmen pro Streifen = 72 Aufnahmen  
für die Bildskizze

e. Feststellen der Bildfolgezeit

Gegenüber der Maßstabszahl (auf der Skala "Flughöhe") wird die Marke "Kn" oder "mph" - je nachdem in welcher Einheit die Geschwindigkeit über Grund angegeben ist - eingestellt. In diesem Falle wird "Kn" über 7500 gestellt.

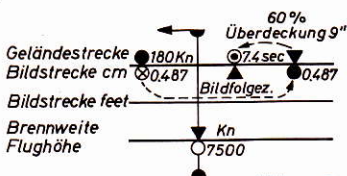


Abb. 17

Die Ableselinie des Läufers wird über die Geschwindigkeit über Grund - in diesem Beispiel 180 - geschoben und auf der Skala "Bildstrecke cm" ein Zwischenwert abgelesen: 0,487.

Dieser Zwischenwert wird gegenüber die Markierung 60 % Ueberdeckung 9" bei 3,6 auf der Skala "Geländestrecke" schoben. Gegenüber der Marke "Bildfolgezeit" auf Skala "Bildstrecke cm" wird dann auf der Skala "Geländestrecke" das Ergebnis in Sekunden abgelesen: Bildfolgezeit 7,4 Sec. Da mit dem Ueberdeckungsregler nur volle Sekunden eingestellt werden können, heißt die Bildfolgezeit in diesem Fall: 7 Sekunden.

f. Abstand der Flugstreifen in der Karte

Den Abstand der Flugstreifen im Gelände erhält man aus der Breite der Skizze dividiert durch die Anzahl der errechneten Streifen.

$5000 \text{ m} : 4 = 1250 \text{ m}$

Dieser Abstand wird in die zum Bildflug zu verwendende Karte eingezeichnet.

### 3.6 Die Anwendung der Skalen unter Außerachtlassung ihrer ursprünglichen Bedeutung

Mit der Bildflugseite des Rechenstabes lassen sich praktisch alle Aufgaben des Luftbildwesens lösen, wenn die Skalen zusätzlich zu ihrer normalen Verwendung ihrer ursprünglichen Bedeutung entkleidet werden. An drei Beispielen soll diese Anwendung gezeigt werden.

1. Beispiel: Gesucht wird die Objektgröße in Metern bei folgenden Angaben:

Bildmaßstab (PS)	1:16500
Bildstrecke (d)	5,5 cm

Rechengang: Der Arbeitsweise liegt folgende Ueberlegung zugrunde: Bei der Verwendung der Skalen "Bildstrecke" und "Geländestrecke" wurden bisher folgende Maßeinheiten gegenübergestellt:

<u>Bildstrecke</u>	<u>Geländestrecke</u>
Zentimeter	Fuß
Fuß	Fuß
Zoll	Fuß

Die Skalen "Bildstrecke feet" und "Geländestrecke feet" sind reine Verhältnisskalen, d.h. sie sind im Grunde an keine bestimmte Maßeinheit gebunden. Man kann dafür ebenso gut sagen:

"Bildstrecke Meter" : "Geländestrecke Meter"  
oder wenn man will  
"Bildstrecke Zoll" : "Geländestrecke Zoll"  
"Bildstrecke Meile" : "Geländestrecke Meile"

wobei die letzten beiden Beispiele nur theoretischen Wert haben.

Man stellt wie vorher beschrieben den Bildmaßstab ein und schiebt die Ableselinie des Läufers auf 0,055 der Skala "Bildstrecke feet" (5,5 cm = 0,055 m) und liest auf der Skala "Geländestrecke feet" das Ergebnis in Metern ab: 910.

Lösung: Das Objekt hat eine Länge von 910 m.

2. Beispiel: Wie groß ist der Bildmaßstab bei:

Bildstrecke (d)	7,5 cm
Geländestrecke (D)	860 m

Rechengang: Die Ableselinie des Läufers wird über 860 der Skala "Geländestrecke feet" gebracht und 0,075 (7,5 cm = 0,075 m) der Skala "Bildstrecke feet" gegenübergestellt. Bei der Marke "12-Bildmaßstab" wird wie bisher der Bildmaßstab abgelesen: 1:11500.

Lösung: Der Bildmaßstab beträgt 1:11500.

**3. Beispiel:** Gesucht wird die Größe der Bildrandschablone (TD) in Zoll nach folgenden Angaben:

Kartenmaßstab (MS)	1:25000
Bildmaßstab (PS)	1:10000
Bildformat (PD)	9" x 9"

**Rechengang:** Hierbei gilt die Skala "Flughöhe (feet)" sowohl als Bildmaßstabszahl als auch als Kartenmaßstabszahl. Gegenüber 25000 der Skala "Flughöhe" wird auf der Skala "Brennweite" 9" eingestellt. Gegenüber 10000 der Skala "Flughöhe" wird auf der Skala "Brennweite" als Ergebnis abgelesen: 3,6".

**Lösung:** Die Bildrandschablone muß 3,6" x 3,6" groß sein.

**4. Beispiel:** Gesucht wird die Größe der Bildrandschablone in cm nach folgenden Angaben:

Kartenmaßstab (MS)	1:50000
Bildmaßstab (PS)	1:13000
Bildformat (PD)	23 cm

**Rechengang:** Die Arbeitsweise ist wie beim 3. Beispiel. Jedoch wird die Skala "Brennweite (inches)" mit der Dimension cm verwendet. Gegenüber 50000 der Skala "Flughöhe" wird auf der Skala "Brennweite" 23 eingestellt. Gegenüber 13000 der Skala "Flughöhe" wird als Ergebnis abgelesen: 6 cm.

**Lösung:** Die Bildrandschablone muß 6 x 6 cm groß sein.

**5. Beispiel:** Gesucht wird der Bildmaßstab nach folgenden Angaben:

Bildstrecke	6,5 cm
Kartenstrecke	1,9 cm
Kartenmaßstab	1:25000

**Rechengang:** Die Skalen werden wie im Beispiel 4 verwendet. Gegenüber 25000 der Skala "Flughöhe" wird 6,5 der Skala "Brennweite" eingestellt und gegenüber 1,9 der Skala "Brennweite" auf der Skala "Flughöhe" das Ergebnis abgelesen: 7300.

**Lösung:** Der Bildmaßstab beträgt 1:7300.

#### 4. Die allgemeine Seite

##### 4.1 Multiplikation (Zwei Strecken werden addiert)

Der Zungenanfang 1 der Skala C wird über 18 der Teilung D gestellt. Durch Verschieben des Läufers zu 13 der Skala C wird die Strecke 13 zur Strecke 18 graphisch addiert, und das Ergebnis 234 kann unter dem Läuferstrich auf der Skala D abgelesen werden. Aus

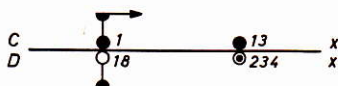


Abb. 18

$$18 \cdot 13 = 234$$

einer groben Ueberschlagsrechnung ( $20 \cdot 10 = 200$ ) ergibt sich die Kommastellung.

Wenn beim Beispiel  $82 \cdot 6,74 = 552,5$  der in Abb. 18 angegebene Weg nicht zum Ziele führt, weil die Zunge so weit aus dem Rechenstab herausgezogen werden muß, daß die Skala D für die Ablesung des Ergebnisses nicht ausreicht, dann wird der Wert 82 mit der rechten 1 der Skala C eingestellt. Damit stünde auch der Anfang von C über einem Wert 82, wenn man die Skala D noch einmal nach links wiederholt angetragen stellt. Zu diesem nur vorgestellten Wert wird dann die Strecke 6,74 addiert.

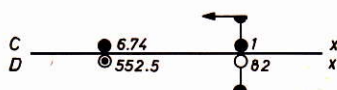


Abb. 19

$$82 \cdot 6,74 = 552,5$$

$$\text{Ueberschlag } 80 \cdot 7 = 560$$

Die Methode der Vertauschung von Zungenanfang und -ende heißt "Durchschieben" der Zunge. Sie führt immer zum Ziel, wenn eine Ablesung beim Multiplizieren nicht anders möglich ist.

#### 4.2 Division (Subtraktion zweier Strecken, Umkehrung der Multiplikation)

Der Läuferstrich wird über 2620 der Skala D gestellt und 17,7 der Skala C unter den Läuferstrich geschoben, so daß beide Werte untereinander stehen. Das Ergebnis 148 wird unter dem Zungenanfang der Skala C abgelesen, bei anderen Beispielen gegebenenfalls unter dem Zungenende.

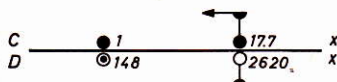


Abb. 20

$$2620 : 17,7 = 148$$

$$\text{Ueberschlag } 3000 : 20 = 150$$

Die Zungeneinstellung ist die gleiche wie bei der Multiplikation  $148 \cdot 17,7 = 2620$ . Der Unterschied zwischen der Multiplikation und Division besteht nur in der Reihenfolge der Arbeitsgänge. Nach der Einstellung der Division wird das Ergebnis jeweils unter dem im Körper befindlichen Skalenanfang oder -ende abgelesen, ein Durchschieben gibt es nicht. Diese Eigenschaft wird in den folgenden Kapiteln wiederholt ausgenutzt werden.

#### 4.3 Vereinigte Multiplikation und Division

Bei Ausdrücken der Form  $\frac{a \cdot b}{c}$

wird zuerst dividiert, anschließend multipliziert. Nach der Division  $345 : 132$  in Abb. 21 braucht das Zwischenergebnis 2,61 nicht abgelesen zu werden; der Läufer wird zu 22 der Skala C verschoben, darunter steht dann das Ergebnis 57,5 in Skala D.

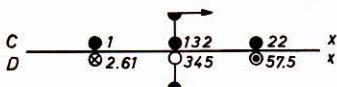


Abb. 21

$$\frac{345}{132} \cdot 22 = 57,5$$

$$\text{Ueberschlag } \frac{300}{100} \cdot 20 = 60$$

Die in den Abschnitten 4.1, 4.2 und 4.3 angeführten Beispiele können auch mit den Quadratskalen A und B gerechnet werden; die Ablesegenauigkeit ist jedoch geringer als bei der Rechnung mit den Grundskalen C und D. Dafür entfällt aber bei Tabellen und Proportionen das Durchschieben der Zunge (vergl. 4.5).

#### 4.4 Die Reziprokskala CI

Mehrere Faktoren rechnet man mit der Reziprokskala, welche der Skala C entspricht, aber von rechts nach links geteilt ist (rote Skala mit roter Bezifferung). Ueber jedem Wert  $x$  der Grundskala C steht auf Skala CI der Reziprokwert  $\frac{1}{x}$ . Zum Wert 2 der Skala C gehört z.B. der Wert  $\frac{1}{2} = 0,5$  auf Skala CI. Mit Hilfe der Reziprokskala CI kann eine Multiplikation in eine Division und umgekehrt eine Division in eine Multiplikation umgewandelt werden,

$$\text{z.B. } 4 \cdot 5 = \frac{4}{1/5} \text{ bzw. } \frac{4}{5} = 4 \cdot \frac{1}{5}$$

Ausdrücke der Form  $a \cdot b \cdot c$  bzw.  $\frac{a}{b \cdot c}$  werden durch abwechselnde Division und Multiplikation berechnet, so daß ein Durchschieben der Zunge im allgemeinen überflüssig wird und Einstellungen eingespart werden.

Beispiel:  $1,5 \cdot 7,9 \cdot 1,69 = 20$

Rechen-  
gang:  $\frac{1,5}{1/7,9} \cdot 1,69$ .  
Unter dem Läuferstrich werden 1,5 auf Skala D und 7,9 auf Skala CI übereinandergestellt, und dann wird mit dem Wert 1,69 auf Skala C weitermultipliziert.

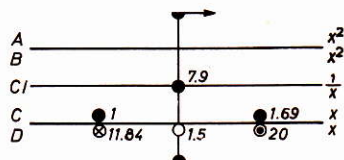


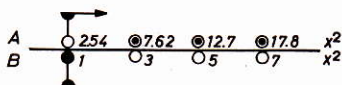
Abb. 22

Das Ergebnis 20 wird auf der Skala D abgelesen. Das Zwischenergebnis braucht nicht abgelesen zu werden.

#### 4.5 Proportions- und Tabellenrechnung

Proportionen der Form  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$  kommen bei vielen Rechnungen vor, besonders bei Tabellenrechnungen. Nach der Einstellung eines Verhältnisses  $\frac{a}{b}$  können beliebige Verhältnisse  $\frac{c}{d}$  sofort abgelesen werden, dabei dient die Trennungslinie zwischen der Zunge und dem Rechenstabkörper gleichsam als Bruchstrich der Verhältnisse.

Beispiel: Umrechnung von  
Zentimeter in Zoll:  
Wieviel Zentimeter  
sind 3, 5 und 7 Zoll?  
1 Zoll = 2,54 cm.



Die Proportionsgleichung lautet:

Abb. 23

$$\frac{2,54}{1} = \frac{x}{3} = \frac{y}{5} = \frac{z}{7}$$

Gemäß Einstellung in Abb. 23 ergibt sich:

$$x = 7,62 \text{ cm}; y = 12,7 \text{ cm}; z = 17,8 \text{ cm.}$$

In Abb. 23 ist die Rechnung mit den Quadratskalen angegeben, so ist verständlich kann die Rechnung auch mit den Grundskalen durchgeführt werden.

#### 4.6 Potenzen und Wurzeln

Wird der Läuferstrich auf einen beliebigen Wert  $x$  der Skala D gestellt, so kann auf der Skala A der Quadratwert  $x^2$  und auf der Skala K der Kubikwert  $x^3$  abgelesen werden. In umgekehrter Reihenfolge erhält man die zweiten und dritten Wurzeln.

- a.  $2^2 = 4$        $2^3 = 8$   
 b.  $32,7^2 = 3,27^2 \cdot 10^2 = 1070$   
 $32,7^3 = 3,27^3 \cdot 10^3 = 35000$   
 c.  $\sqrt{9} = 3$        $\sqrt[3]{27} = 3$   
 d.  $\sqrt{51} = 7,14$        $\sqrt[3]{364} = 7,14$

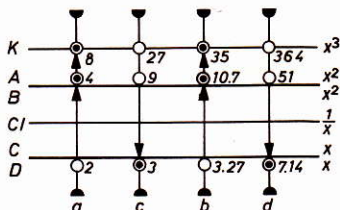


Abb. 24

Die Kommastellung erhält man am besten durch eine Ueberschlagsrechnung. Beim Potenzieren und Wurzelziehen ist es vorteilhaft, Zehnerpotenzen abzuspalten, um Zahlenwerte zu erhalten, deren Lösung leicht zu übersehen ist. Die Quadratskalen kann man sich zu diesem Zwecke von 1 bis 100, die Kubikskala von 1 bis 1000 beziffert vorstellen. In welchem Bereich der Läufer eingestellt werden muss, ergibt sich aus dieser gedachten Bezifferung der Skalen, z. B.:

$$\sqrt{3200} = \sqrt{32 \cdot 100} = 10 \cdot \sqrt{32} = 10 \cdot 5,66 = 56,6$$

#### 4.7 Winkelfunktionen

Alle Winkelfunktionen sind auf die Grundskala D bezogen, und die Winkelwerte sind für 360°-Teilung mit dezimaler Unterteilung angegeben.

Zu jeder Einstellung eines Winkels in der Skala S, T oder ST wird die Winkelfunktion in Skala D abgelesen. In der umgekehrten Ableserichtung wird zu jedem in Skala D eingestellten Funktionswert der Winkel in den entsprechenden Winkelskalen gefunden.

Der Rechenstab gibt nur die Funktionen für Winkel im ersten Quadranten. Zur Reduktion beliebiger Winkel auf den ersten Quadranten sind die Beziehungen der Winkelfunktionen in einer Tabelle zusammengestellt.

	$\pm \alpha$	$90^\circ \pm \alpha$	$180^\circ \pm \alpha$	$270^\circ \pm \alpha$	$45^\circ \pm \alpha$
sin	$\pm \sin \alpha$	$+\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\cos(45^\circ \mp \alpha)$
cos	$+\cos \alpha$	$+\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$	$\sin(45^\circ \mp \alpha)$
tan	$\pm \tan \alpha$	$+\cot \alpha$	$\pm \tan \alpha$	$+\cot \alpha$	$\cot(45^\circ \mp \alpha)$
cot	$\pm \cot \alpha$	$+\tan \alpha$	$\pm \cot \alpha$	$+\tan \alpha$	$\tan(45^\circ \mp \alpha)$

#### 4.71 Die Sinusskala S

reicht von  $5,5^\circ$  bis  $90^\circ$  und ist für die Kosinuswerte rückläufig von  $0^\circ$  bis  $84,5^\circ$  rot beziffert. Alle auf der Grundskala abgelesenen Sinuswerte beginnen mit 0,.....

- a.  $\sin 26^\circ = 0,438$   
 b.  $\text{arc sin } 0,54 = 32,7^\circ$   
 c.  $\cos 75^\circ = 0,2588$

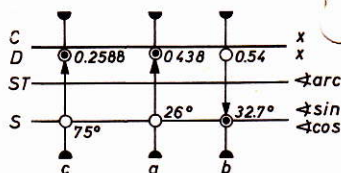


Abb. 25

#### 4.72 Die Tangensskala T

ist von  $5,5^\circ$  bis  $45^\circ$  in schwarzer Farbe und rückläufig von  $45^\circ$  bis  $84,5^\circ$  in roter Farbe beziffert. Zu schwarzen Winkelwerten wird die Tangensfunktion auf Skala D abgelesen, ihre Werte beginnen mit 0,.....

Die Tangenswerte von Winkeln  $\alpha > 45^\circ$  (rote Ziffern) findet man auf der Skala CI (rote Ziffern) nach der Beziehung

$$\tan \alpha = \frac{1}{\tan(90 - \alpha)}$$

Zum Ablesen des Funktionswertes muss die Zunge in diesen Fälle in die Grundstellung gebracht werden. Diese Werte sind stets Die Tangenswerte werden immer bei gleichen Farben abgeles

Zum Aufsuchen der Kotangenswerte gilt die Formel  $\cot \alpha = \frac{1}{\tan \alpha}$ , es werden also die Kehrwerte gebildet. Somit liest man die Kotangenswerte für Winkel  $\alpha < 45^\circ$  auf Skala CI und für Winkel  $\alpha > 45^\circ$  auf Skala D ab. Also stets ungleiche Farben ablesen!

- a.  $\tan 14^\circ = 0,2493$   
 b.  $\tan 80^\circ = \frac{1}{\tan 10^\circ} = 5,67$   
 c.  $\text{arc tan } 1,75 = 60,25^\circ$

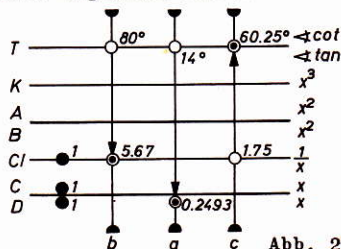


Abb. 26



a.  $\cot 77^\circ = 0,2309$

b.  $\cot 9^\circ = \frac{1}{\tan 9^\circ} = 6,31$

c.  $\text{arc cot } 2,0 = 26,57^\circ$

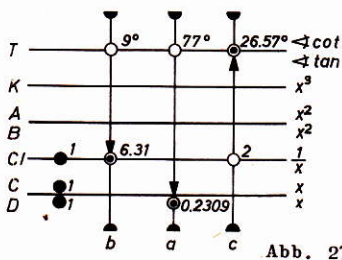


Abb. 27

#### 4.7<sup>2</sup> Kleine Winkel

Werte in  $\alpha$  und  $\tan \alpha$  für  $\alpha < 5,5^\circ$ , sowie  $\cos \alpha$  und  $\cot \alpha$  für  $\alpha > 84,5^\circ$  bestimmt werden sollen, gilt die Näherung

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \cos(90^\circ - \alpha) \approx \cot(90^\circ - \alpha) \approx \text{arc } \alpha = \frac{\pi}{180} \alpha = 0,01745 \alpha$$

Die Winkelskala ST, die von  $0,55^\circ$  bis  $6^\circ$  reicht, gibt für das Bogenmaß genaue Werte und ermöglicht die gleichzeitige Ablesung der Sinus-, Tangens- und Arcuswerte auf der Grundskala D.

Die Übereinstimmung zwischen  $\sin \alpha$ ,  $\tan \alpha$  und  $\text{arc } \alpha$  ist bis  $4^\circ$  sehr gut, bei größeren Winkeln rechnet man genauer:

$$\sin \alpha \approx \alpha \cdot \frac{\sin 6^\circ}{6} \quad \text{bzw.} \quad \tan \alpha \approx \alpha \cdot \frac{\tan 6^\circ}{6}$$

Die Werte  $\cos \alpha$  für  $\alpha < 5,7^\circ$  und  $\sin \alpha$  für  $\alpha > 84,3^\circ$  können nur ungenau vom Rechenschieber abgelesen werden. Hier hilft eine Reihenentwicklung:

$$\cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2} \quad (\text{im Bogenmaß})$$

$$\cos 1^\circ \approx 1 - \frac{0,01745^2}{2} = 0,999848$$

Bei der Winkeleinstellung  $\alpha$  auf Skala ST entnimmt man der Skala A bereits  $\alpha^2$  im Bogenmaß.

#### 4.7<sup>3</sup> Die Umrechnung vom Gradmaß ins Bogenmaß

erfolgt mit einer LäuferEinstellung, weil die Skala ST eine um  $\frac{\pi}{180}$  gegen Skala D versetzte Grundskala ist. Beim Uebergang von ST nach D verwandelt man ein Gradmaß ins Bogenmaß und in der umgekehrten Richtung ein Bogenmaß ins Gradmaß. Diese Rechnung gilt nicht nur für die auf Skala ST angegebenen Winkel, sondern auf Grund der dezimalen Gradeinteilung gleichzeitig für alle Winkel, denn die 1 kann auch als  $0,1^\circ$ ,  $10^\circ$  usw. gelesen werden, und dementsprechend verschiebt sich nur die Kommastelle im Bogenmaß, z.B.:

a.  $0,1^\circ = 0,001745$

b.  $10^\circ = 0,1745$

c.  $\tan 5^\circ = 0,08725$

d.  $\tan 0,5^\circ = 0,008725$

e.  $\tan 85^\circ = \cot 5^\circ = 11,45$

f.  $\tan 89,5^\circ = \cot 0,5^\circ = 114,5$

Bei Aufgabe e. und f. wird der Läufer wie bei c und d über  $5^\circ$  in Skala ST gestellt, das Ergebnis aber in Skala CI abgelesen, wenn die Zunge in Nullstellung steht.

#### 4.8 Der Läufer und seine Marken

##### 4.81 Kreisflächen

Auf der Rückseite des Läufers (Abb. 28) gibt der Abstand vom Mittelstrich zum linken oberen und zum rechten unteren kurzen Strich den Faktor  $\pi/4 = 0,785$

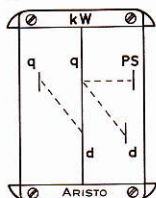


Abb. 28

(bezogen auf die Quadratskalen) zur Berechnung von Kreisflächen (Querschnitten) nach der Formel  $q = d^2\pi/4$ . Steht mittlere Läuferstrich über dem Durchmesser  $d$  auf Skala D, kann der Querschnitt links oben auf Skala A abgelesen werden. Die gleiche Beziehung besteht auch zwischen dem rechten unteren und dem mittleren Strich.

##### 4.82 Die Marken kW und PS

Der Abstand zwischen dem Mittelstrich und der rechten oberen Marke gibt den Umrechnungsfaktor 736 für die Umwandlung von PS in kW und umgekehrt an, bezogen auf die Skalen A und B, wie in Abb. 28 angedeutet. Stellt man z. B. den Mittelstrich auf 20 kW, so gibt die obere rechte Marke 27,2 PS an. Umgekehrt liefert die Einstellung von 7 PS mit der PS-Marke am Mittelstrich 5,15 kW.

##### 4.83 Abnehmen des Läufers

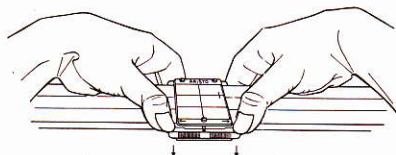


Abb. 29

Die Läuferstriche sind zum Skalenbild jeder Seite justiert. Der Läufer kann zum Zwecke der Reinigung abgenommen werden, ohne daß dabei die Justierung verlorengeht. Die einzelnstehende Schraube auf einem der Läuferstege ist als Druckknopf ausgebildet, der sich öffnet, wenn beide Daumen die durch Pfeile gekennzeichneten Außenteile des Steges vorsichtig nach unten drücken. Der Läufer wird dann quer zur Teilung vom Rechenstab abgenommen. Um die Läuferfeder gelegentlich auswechseln zu können, ist die mit ihrem Zapfen in die Bohrung des Läufersteiges gesteckt und mit einem Klebemittel befestigt. Ersatzfedern liefert jedes Fachgeschäft.

##### 4.84 Justieren des Läufers

Falls gelegentlich eine Justierung erforderlich ist, z. B. beim Aufsetzen eines Ersatzläufers, wird der Rechenstab so auf den 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 Werte 135 der Skala "Flughöhe" und 1,35 der Skala "Geländestrecke" gestellt. Vorsichtig wird der Rechenstab wieder gewendet, ohne den Läufer zu bewegen, und dann bei festgehaltenem Läufer das obenliegende Läuferglas ebenfalls nach den Werten 1 der Skala D und 1 der Skala A ausgerichtet. Danach werden die vier Schrauben wieder sicher angezogen. Verlorengegangene Schrauben ersetzt jedes Fachgeschäft.

#### 5. 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 oder mit Wasser und Seife zu reinigen und trocken nachzupolieren. Keinesfalls dürfen irgendwelche Chemikalien verwendet werden, da diese die Teilung zerstören können.

Der Rechenstab ist vor Lagerung an heißen Plätzen, z. B. auf Heizkörpern oder in praller Sonne, zu schützen, da bei höheren Hitzegraden als etwa 60°C Verformungen auftreten. Für derartig beschädigte Rechenstäbe wird kein Ersatz geleistet.

Alle Rechte, auch die der Uebersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten · Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet ·

© DENNERT & PAPE · ARISTO-WERKE · Hamburg-Altona 1959 · 011059  
1. Auflage · Printed in Germany