

# GEBRAUCHSANLEITUNG



# AVIAT

610 · 613 · 615 · 617 · 618

ARISTO-WERKE · DENNERT & PAPE KG · HAMBURG  
1955

Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition greis – www.edition-greis.de

Inhalt	Seite
1. Einleitung .....	5
2. Die Skalen .....	5
3. Einfache Rechnungen .....	9
3.1 Das Lesen der Teilungen .....	9
3.2 Multiplikation .....	10
3.3 Division .....	10
3.4 Abwechselnde Multiplikation und Division .....	10
3.5 Proportionen (Verhältnisse) .....	10
4. Umrechnung von Maßen: metrisch ↔ angelsächsisch .....	11
4.1 Umrechnung von Streckenmaßen und Entfernungen .....	11
4.2 Umrechnung von Flüssigkeitsmaßen .....	12
4.3 Gewichtsrechnung aus Flüssigkeitsmaßen .....	12
5. Umrechnung von Zeiten und Geschwindigkeiten .....	12
5.1 Umrechnung von Zeiten .....	13
5.2 Umrechnung von Geschwindigkeiten .....	13
6. Weg-Zeit-Geschwindigkeit-Aufgaben .....	13
6.1 Berechnung von Steig- oder Sinkzeiten bzw. -Geschwindigkeiten .....	13
6.2 Strecke-Grundgeschwindigkeit-Flugzeit .....	14
7. Kraftstoffverbrauch .....	16
8. Barometrische Navigation (Pressure Pattern Flying) .....	16
8.1 Berechnung der Querwindkomponente $V_n$ aus Höhenvergleichsmessungen .....	16
8.2 Berechnung der seitlichen Windversetzung $Z_n$ für die Zwischenflugzeit .....	17
8.3 Bestimmung der Abtrift aus $V_n$ oder $Z_n$ .....	18
9. Eigengeschwindigkeits-Berechnungen .....	18
9.1 Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit .....	18
9.2 Berechnung der Fahrtmesseranzeige .....	19
9.3 Kompressibilitätsberichtigung .....	19
9.4 Berechnung der Schallgeschwindigkeit und Machzahl .....	20
10. Höhenberechnungen .....	21
10.1 Berechnung der wahren Höhe .....	21
10.2 Berechnung der Dichte-Höhe (Density Altitude) .....	21
11. Graphische Lösung von Dreiecksaufgaben mit dem ARISTO-AVIAT 613, 617 und 618 .....	22
11.1 Winddreiecksaufgaben .....	22
11.2 Berechnung der Abweitung .....	34
11.3 Berechnung der Großkreisbeschickung .....	34
12. Rechnerische Lösung von Dreiecksaufgaben mit dem ARISTO-AVIAT 610 und 615 .....	35
12.1 Lösung allgemeiner Dreiecksaufgaben .....	35
12.2 Winddreiecksaufgaben .....	35
12.3 Berechnung der Abweitung .....	41
12.4 Berechnung der Großkreisbeschickung .....	42
12.5 Umwandlung von Peilungen .....	42
13. ARISTO-Kursdreieck 1557 mit Gradientwind-Diagramm .....	42
13.1 Windrichtung und Windgeschwindigkeit .....	43
13.2 Längswindkomponente .....	43
14. Begriffsbestimmungen .....	44
15. Behandlung und Justierung des ARISTO-AVIAT .....	46

# ARISTO-AVIAT 610 · 613 · 615 · 617 · 618

## 1. Einleitung

Die verschiedenen Navigationsrechner ARISTO-AVIAT sind vielseitig verwendbare Hilfsgeräte der Navigation, mit denen sich die meisten der in der navigatorischen Praxis vorkommenden Aufgaben lösen lassen. Die früher unter dem Namen Dreiecksrechner, System Knemeyer, bekannt gewordenen Instrumente sind für den internationalen Flugverkehr weiterentwickelt worden und unterscheiden sich in verschiedenen Modellen nur durch die Methode zur Lösung von Dreiecksaufgaben.

Beim ARISTO-AVIAT 613, 617 und 618 ist die anschauliche graphische Lösung vorgesehen, während die rechnerische Lösung nach dem Sinussatz beim ARISTO-AVIAT 610 und 615 zur Anwendung kommt. Die Vorderseite ist bei allen, jetzt auch häufig «Computer» genannten, Instrumenten die gleiche und wird deshalb gemeinsam beschrieben. Der ARISTO-AVIAT 610 ist eine verkleinerte Ausführung des Modells 615, und 613 ist die Taschenausgabe des 617.

Außer der Berechnung der üblichen Weg-Zeit-, Brennstoffverbrauchs- und Winddreiecksaufgaben ermöglicht der ARISTO-AVIAT mittels einfacher Einstellungen die Umwandlung von metrischen in angelsächsische Maßeinheiten (und umgekehrt), sowie die Umrechnung von Flüssigkeitseinheiten in Gewichtseinheiten unter Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes. Ferner dienen besondere Skalen zur Bestimmung der wahren Eigengeschwindigkeit, der wahren Höhe und der Dichte-Höhe, der Schallgeschwindigkeit und der Machzahl, und der Lösung von Aufgaben der barometrischen Navigation.

Mit Rücksicht darauf, daß der Navigationsrechner international verwendbar sein soll, daß die englische Sprache als eine der ICAO-Luftfahrtsprachen im Weltluftverkehr allgemein eingeführt ist und auch in Deutschland auf Logbuchvordrucken, in Streckenhandbüchern und im Flugsicherungskontrolldienst Anwendung findet, werden die englischen Bezeichnungen zur Beschriftung der Skalen benutzt.

## 2. Die Skalen

Der ARISTO-AVIAT ist eine Rechenscheibe mit konzentrisch angeordneten kreisförmigen Skalen. Über einem weißen Kunststoffkörper mit festen Skalen ist auf jeder Seite eine transparente Scheibe mit entsprechenden beweglichen Skalen drehbar gelagert. Durch Farbwirkung wird das Teilungsbild übersichtlich gegliedert, und transparente Drehzeiger mit Indexstrichen erleichtern die Einstellungen und Ablesungen zwischen den Teilungsintervallen.

Die Vorderseite (Abb. 1a und 1b) trägt von außen nach innen folgende Skalen:

### Auf dem festen Außenring

(a) Am Rande zwei kurze, mit Sp. G. bezeichnete Teilungen der spezifischen Gewichte von 0,65—0,95 für Brennstoff und Öl, die eine zur Umwandlung von Flüssigkeitseinheiten (Liter Imp. Gallons, US Gallons) in Kilogramm (kg), die andere zur Umwandlung in Pfund (lb). Die Pfeile mit der Beschriftung kg und lb kennzeichnen diese Skalen und dienen zur Umrechnung  $kg \leftrightarrow lb$ .

(b) Eine mit DISTANCE, (T. A. S.) und (T. ALT.) bezeichnete logarithmische Vollkreisteilung im dekadischen System (Wegskala). Zusätzlich sind Umrechnungsmarken angebracht für

Kilometer	—	Nautical Miles	—	Statute Miles	(rot)
Meter	—	Yards	—	Feet	(schwarz)
Liter	—	Imp Gallons	—	US Gallons	(blau)

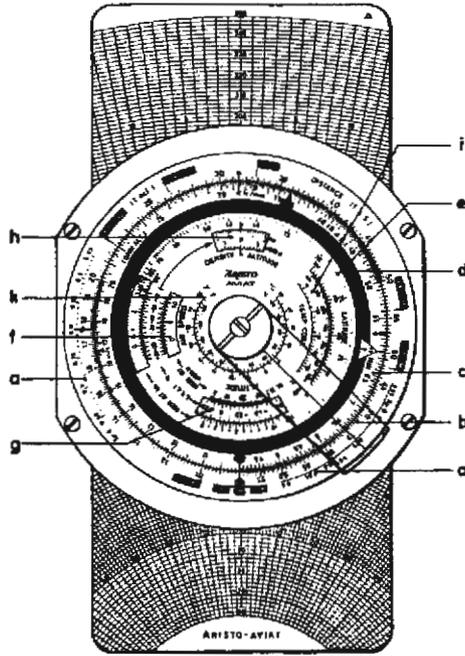


Abb. 1a Vorderseite ARISTO-AVIAT 613-617-615

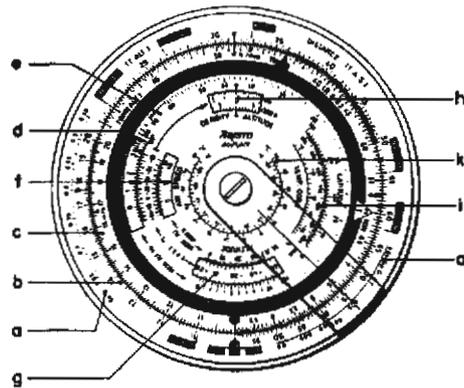


Abb. 1b Vorderseite ARISTO-AVIAT 610-615

**Auf der drehbaren Innenscheibe**

(c) Eine logarithmische Vollkreisteilung, bezeichnet mit R. A. S., QNH ALT. und MIN, als Gegenskala zu (b), sie enthält Marken für die Umrechnung von ft/min in m/sec und ist gleichzeitig eine Zeitskala, die von der Stundenmarke  $\Delta$  ausgehend eine Minutenskala von 6 bis 60 Minuten darstellt. Die Marke sec bei 36 dient in Verbindung mit der Stundenmarke zur Umrechnung von Minuten in Sekunden. Die Marke  $\rho = 57,3$  wird gelegentlich für die Umrechnung vom Gradmaß ins Bogenmaß benötigt,  $\pi = 3,14$  ist eine Marke für Kreisberechnungen.

Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition|greis – www.edition-greis.de

(d) Eine Stundenskala (weiß im schwarzen Ring), bei der Stundenmarke  $\Delta$  an Skala (c) anschließend und bis 20 Stunden geteilt, so daß Stunden- und Minutenangaben sich in den Skalen (d) und (c) gegenüberstehen.

(e) Eine Sinusskala LATITUDE der geographischen Breiten von 15° bis 90° für Berechnungen bei den Verfahren der barometrischen Navigation.

(f) Zwei konzentrische Fensterausschnitte mit roter Teilung und Bezifferung für Eigengeschwindigkeitsberechnungen, beschriftet mit AIR SPEED. Zwischen den Fensterausschnitten ist die Skala für die berichtigte Außentemperatur (C. O. A. T. °C.) von + 50° bis -80° aufgetragen. Im oberen Fensterausschnitt erscheint die Druckhöhenkala PRESS. ALT. in km von -0,6 bis +20 und im unteren Fensterausschnitt die Druckhöhenkala in Fuß x 1000 von -2 bis +65. Die Marken M (km/h) und M (kt) dienen zur Berechnung der Machzahl und der Schallgeschwindigkeit.

(g) Ein Fensterausschnitt mit blauer Teilung und Bezifferung für Höhenberechnungen, beschriftet mit ALTITUDE. Am oberen Rand des Ausschnittes ist die Druckhöhenkala in km von -0,5 bis +10,7 und am unteren Rand in Fuß x 1000 von -2 bis +35,2 aufgetragen. Der Endstrich gilt für alle praktisch vorkommenden größeren Höhen von 10,7 bis 25 km bzw. 35,2 bis 80 x 1000 ft. Im Ausschnitt steht die berichtigte Außentemperatur (C. O. A. T. °C von -70° bis +50° C).

(h) Ein Fensterausschnitt für die Bestimmung der Dichte-Höhe DENSITY ALTITUDE, zu dem ein roter Pfeil von der AIR SPEED-Skala hinleitet. Im Ausschnitt erscheint eine Höhenkala in km von -2 bis +14,6 und eine Höhenkala in Fuß x 1000 von -6 bis +48.

**Im Mittelfeld der drehbaren Scheibe**

(i) Ein Skalenspaar, bezeichnet mit TEMP. CORR., für die Berichtigung der am Bordthermometer abgelesenen Außentemperatur bei hohen Geschwindigkeiten (von 400 bis 1000 km/h, bzw. von 200 bis 550 Knoten).

(k) Eine konzentrische Kreisskala zur Umrechnung von Temperaturen Fahrenheit  $\leftrightarrow$  Celsius-Grade.

Die Rückseite des ARISTO-AVIAT 613, 617 und 618 trägt von außen nach innen:

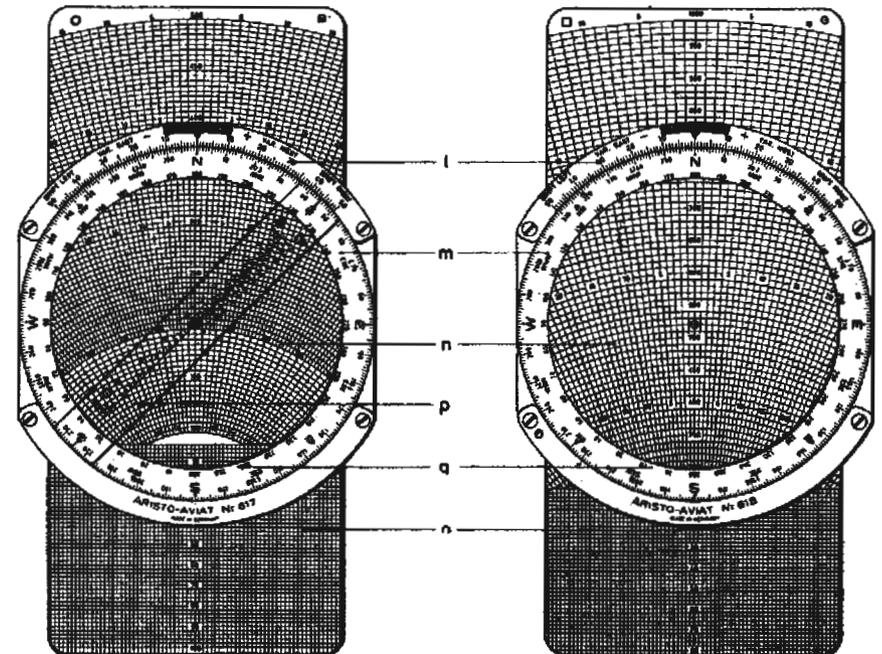


Abb. 2a Rückseite ARISTO-AVIAT 613 · 617

Abb. 2b ARISTO-AVIAT 618

### Auf dem festen Außenring

(l) Eine Gradteilung, die von 0° (TRUE INDEX) rechts- und linksläufig bis 50° durchgeführt ist. Die Bezeichnungen DRIFT LEFT — DRIFT RIGHT, VAR. EAST — VAR. WEST, + und — geben Hinweise für die Anwendung.

### Auf dem drehbaren Innenring

(m) Eine Kursrose von 0° bis 360°, in der die Haupthimmelsrichtungen besonders markiert sind. Die zweite Bezifferung (q) dieser Skala gibt in roter Farbe die Windrichtungen an.

(n) Eine transparente, mattierte Schreibfläche.

(o) Zwischen den Rechenscheiben der Vorder- und Rückseite gleitet ein zweiseitiger Diagrammschieber. Die Diagramme enthalten konzentrische Kreisbögen für Fluggeschwindigkeiten und radiale Strahlen für Abstriften.

(p) Beim ARISTO-AVIAT 613 und 617 ist auf der Transparenzscheibe ein Drehzeiger (p) befestigt, dessen drei Windgeschwindigkeits-Skalen auf die drei vorkommenden Diagrammskalen abgestimmt sind. Die zusammenarbeitenden Wind- und Diagrammskalen sind durch gemeinsame Zeichen  $\Delta$ ,  $\circ$  und  $\square$  gekennzeichnet.

Die Diagrammseiten für verschiedene Geschwindigkeitsbereiche:

- A mit Geschwindigkeiten von 60 bis 350  $\Delta$
- B mit Geschwindigkeiten von 100 bis 500, dazu ein Quadratnetz, beziffert von 0 bis 100  $\circ$
- D mit Geschwindigkeiten von 100 bis 1000  $\square$
- G mit Geschwindigkeiten von 300 bis 1000, dazu ein Quadratnetz, beziffert von 0 bis 80  $\square$
- H mit Geschwindigkeiten von 40 bis 250, dazu ein Quadratnetz, beziffert von 0 bis 80  $\Delta$
- K mit Geschwindigkeiten von 150 bis 750.  $\circ$

In Abhängigkeit vom Bereich der Geschwindigkeiten haben die Geschwindigkeitskreise der verschiedenen Diagramme unterschiedliche Abstände, die durch die Zeichen  $\Delta$ ,  $\circ$  und  $\square$  gekennzeichnet sind. Alle Geschwindigkeitsangaben gelten für Knoten oder km/h.

Die Diagrammschieber sind austauschbar. Da es angenehm ist, alle benötigten Geschwindigkeiten auf einem Schieber zu haben, sind aus der Praxis heraus einige vielbenutzte Diagrammschieber mit je einem Diagramm auf der Vorder- und Rückseite zusammengestellt.

- AB Diagrammschieber mit den Seiten A und B
- AG Diagrammschieber mit den Seiten A und G
- BH Diagrammschieber mit den Seiten B und H
- AD Diagrammschieber mit den Seiten A und D
- AK Diagrammschieber mit den Seiten A und K.

Die entsprechenden Diagramme der Taschenausgabe ARISTO-AVIAT 613 werden durch kleine Buchstaben unterschieden.

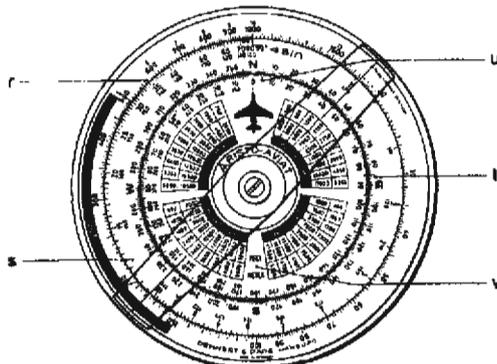


Abb. 2c Rückseite ARISTO-AVIAT 610 · 615

Die Rückseite des ARISTO-AVIAT 610 und 615 trägt von außen nach innen:

- (r) Eine mit SPEED bezeichnete feste logarithmische Teilung (rot), beziffert von 5 bis 1500.
- (s) Eine mit  $\sin$  bezeichnete drehbare Sinusskala (blau), beziffert von 1° bis 90° und rücklaufend von 90° bis 179°.
- (t) Eine drehbare Kursrose (blau) von 0° bis 360° mit den vier Haupt-Himmelsrichtungen N, E, S, W.
- (u) Die Flugzeugmarke mit einer von dieser nach rechts und links ausgehenden festen Gradteilung von 0° bis 180°, im Uhrzeigersinn als Doppelbezifferung weitergeführt bis 360°.
- (v) Im Mittelfeld der Innenscheibe sind konzentrisch um den Drehpunkt des Rechners die zu den viertelkreisigen magnetischen Kursen (von 000° bis 089°, von 090° bis 179°, von 180° bis 269° und von 270° bis 359°) zugehörigen Flughöhen in Meter und Fuß im „Quadrantal Height System“ aufgetragen.

### 3. Einfache Rechnungen

Die Skalen (b) und (c) sind wie bei einem Rechenstab als zwei vollwertige logarithmische Skalen aufgetragen, womit alle vorkommenden Multiplikationen und Divisionen, Verhältnisrechnungen und Prozentrechnungen ausgeführt werden können.

#### 3.1 Das Lesen der Teilungen

Auf Grund ihrer logarithmischen Eigenschaft werden auf den Skalen (b) und (c) die Abstände zwischen den Zahleneinheiten im Uhrzeigersinne immer kleiner. Die hierdurch bedingten verschiedenartigen Teilungsbilder in den Bereichen von 10 bis 20, von 20 bis 50 und von 50 bis 100 sind zu beachten. Folgende Ablesebeispiele veranschaulichen die Verschiedenartigkeit der Ableseungen in den drei Bereichen.

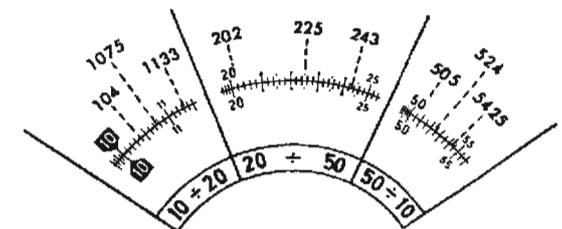


Abb. 3

Die anfänglichen Schwierigkeiten beim Lesen der Teilungen für Benutzer, die nicht an das Arbeiten mit dem Rechenstab gewöhnt sind, verlieren sich, sobald das Teilungsbild durch einige Übungen im Einstellen und Ablesen vertraut geworden ist.

Wie bei jedem Rechenstab sind die Bezifferungen vieldeutig in bezug auf die Kommastellung. Wenn beispielsweise die Zahl 12 als Ergebnis einer Einstellung auf der Rechenscheibe abgelesen wird, kann der tatsächliche Wert 0,12 oder 1,2, 12, 120 ... lauten. In allen Fällen, bei denen die Größenordnung der Lösung einer Rechenaufgabe nicht ohne weiteres überschaubar ist, empfiehlt es sich, zunächst eine Übersichtsrechnung mit abgerundeten Zahlenwerten vorzunehmen, um die richtige Kommastellung zu ermitteln.

Der Skalenanfang (Index) ist durch die umrahmte  $\blacksquare$  gegeben, die großen Zahlen 20, 30 usw gliedern die Skala in die Hauptintervalle, ihre Skalenstriche geben die erste Stelle der Ableseung. Die kleineren Zahlen innerhalb der Hauptintervalle oder auch die hervorgehobenen Teilstriche geben die zweite Stelle; die dritte Stelle der Ableseung liefern die kleinsten Skalenstriche, oder sie wird durch Interpolation gefunden.

### 3.2 Multiplikation

Nach dem Prinzip des logarithmischen Rechnens werden zur Multiplikation Strecken auf der festen Außenskala und der drehbaren Innenskala aneinandergereiht. In dem Beispiel  $32 \times 1,4$  wird der Index  $\odot$  der Innenskala auf den Wert 32 der Außenskala eingedreht, dann steht über dem Wert 1,4 der Innenskala das Ergebnis 44,8 auf der Außenskala. Die Benutzung des Drehzeigers erleichtert hierbei die Ablesung.

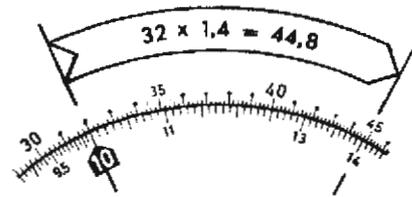


Abb. 4

### 3.3 Division

Die Division ist die Umkehrung der Multiplikation. Wenn die soeben beschriebene Einstellung in der umgekehrten Reihenfolge vorgenommen wird, d. h. wenn der Wert 44,8 der Außenskala und der Wert 1,4 der Innenskala übereinandergestellt werden, kann als Ergebnis der Division 32 auf der Außenskala über dem Index  $\odot$  der Innenskala abgelesen werden.

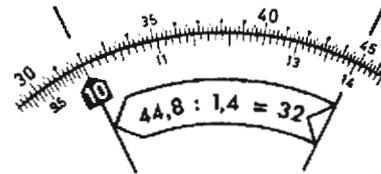


Abb. 5

### 3.4 Abwechselnde Multiplikation und Division

Bei Aufgaben der Dreisatzrechnung (Regelde tri) kommen immer Ausdrücke der Form  $\frac{a \cdot c}{b}$  vor. In diesem Falle wird die Rechnung mit der Division  $\frac{a}{b}$  begonnen, anschließend mit dem Faktor  $c$  multipliziert. Wenn der Ausdruck  $\frac{44,8 \cdot 3,4}{1,4}$  berechnet werden soll, so wird anschließend an die Division  $44,8 : 1,4$  der Drehzeiger auf den Wert 3,4 der Innenskala gestellt und darüber in der Außenskala das Ergebnis 108,8 abgelesen. Das Zwischenergebnis der Division braucht nicht abgelesen zu werden.

Beispiel:  $\frac{327 \cdot 5,22 \cdot 0,453}{128}$

(eine überschlägige Berechnung ergibt  $\frac{300}{100} \cdot 5 \cdot 0,5 = 7,5$  als Ergebnis)

Einstellvorgang:

- (1) Drehzeiger über 327 der Außenskala,
- (2) 128 der Innenskala unter den Drehzeiger,
- (3) Drehzeiger über 5,22 auf der Innenskala,
- (4) Index  $\odot$  unter Drehzeiger,
- (5) Drehzeiger auf 0,453 der Innenskala,
- (6) Ergebnis: 6,04 auf der Außenskala unter dem Drehzeiger ablesen.

### 3.5 Proportionen (Verhältnisse)

Viele Aufgaben der Flugnavigation lassen sich in der Proportionsform sehr übersichtlich rechnen. Durch die Gegenüberstellung der zueinandergehörigen Verhältniswerte (gegebene Größen) sind auch alle weiteren Relationen bekannt.

Das erste Beispiel in Kapitel 3.4 läßt sich bequem in die Proportion

$$\frac{44,8}{1,4} = \frac{108,8}{3,4}$$

umschreiben. Die Trennungsfuge zwischen der Außen- und Innenskala ist dann gleichsam der Bruchstrich der Verhältnisse.

Beispiel einer Prozentrechnung: Tankinhalt vor dem Abflug 960 l, hiervon verbraucht 647 l; gesucht: Verbrauch in Prozenten des Tankinhalts. Der Tankinhalt 960 l verhält sich zu 100% wie der Verbrauch zur gesuchten Prozentzahl.

$$\frac{960}{100} = \frac{647}{x}$$

Ergebnis:  $x = 67,4\%$ .

Zeitungrechnung:

Bei einer Weg-Zeit-Rechnung (s. 6.21) werden als Flugzeit 0,43 Stunden abgelesen. Wieviel Minuten entsprechen diesem Wert? Da  $1 \text{ h} = 60 \text{ min}$ , gilt die Proportion

$$\frac{1}{60} = \frac{0,43}{x}$$

Stundenmarke  $\Delta$  dem Index  $\odot$  gegenüberstellen, Drehzeiger auf 43 der Außenskala stellen und  $x = 25,8 \text{ min}$  auf der Innenskala ablesen.

## 4. Umrechnung von Maßen: metrisch $\leftrightarrow$ angelsächsisch

Die Marken der Außenskala sind durch die Vereinigung der metrischen Maßeinheiten m, km und ltr über dem Index  $\odot$  übersichtlich angeordnet. Auf diese Weise können alle Umrechnungen einheitlich vorgenommen werden.

Grundsätzlich beginnt jede Umrechnung damit, daß der umzurechnende Wert in der drehbaren Skala aufgesucht und unter die Marke der gegebenen Einheit gestellt wird. Das Ergebnis wird dann auf der drehbaren Skala bei der Marke für die gesuchte Einheit abgelesen. In den folgenden Abbildungen ist die 1. Einstellung jeweils mit einem Kreis umrandet, und Pfeile geben die Richtung für den Drehzeiger an.

### 4.1 Umrechnung von Streckenmaßen und Entfernungen

4.11 Gegeben: 3 feet

Gesucht: Wert in yard und m  
Ergebnis: 1 yard, 0,915 m

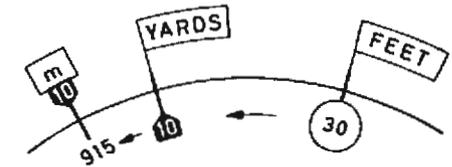


Abb. 6

Drehe den Skalenwert 30 unter die Feet-Marke und lies das Ergebnis auf der drehbaren Skala unter der entsprechenden Marke yards oder m ab.

4.12 Gegeben: 17 m

Gesucht: Wert in yards und feet  
Ergebnis: 18,59 yards; 55,8 feet

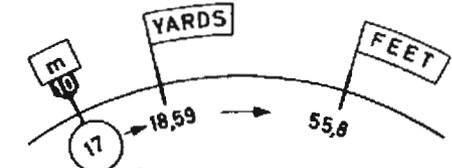


Abb. 7

4.13 Gegeben: 172 Stat. Miles

Gesucht: Naut Miles und km  
Ergebnis: 149,5 Naut Miles; 277 km

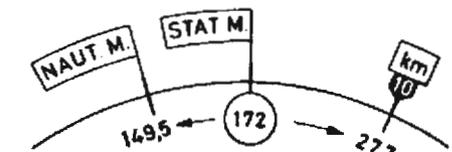
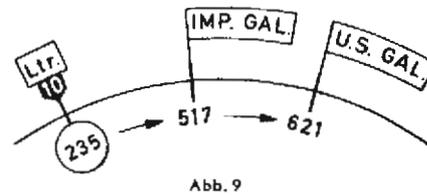


Abb. 8

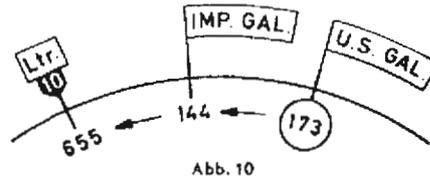
Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition|greis - www.edition-greis.de

## 4.2 Umrechnung von Flüssigkeitsmaßen

**4.21** Gegeben: 2350 l  
 Gesucht: Imp Gallons und US Gallons  
 Ergebnis: 517 Imp Gallons;  
 621 US Gallons



**4.22** Gegeben: 173 US Gallons  
 Gesucht: Imp Gallons und Liter  
 Ergebnis: 144 Imp Gallons;  
 655 Liter



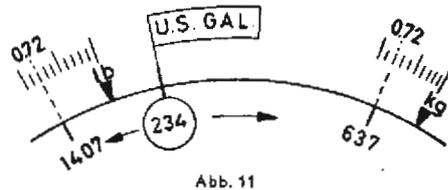
## 4.3 Gewichtsrechnung aus Flüssigkeitsmaßen

Für die Umwandlung von Flüssigkeitsmaßen in Kilogramm oder englische Pfund unter Berücksichtigung des jeweiligen spezifischen Gewichts zwischen 0,65 und 0,95 sind am oberen Rand des Außenrings je eine Skala für die Umwandlung in Pfund (lb) und in kg angebracht. Zu jeder Flüssigkeitsmenge in Liter oder Gallons kann somit das Gewicht wahlweise in kg oder lb abgelesen werden.

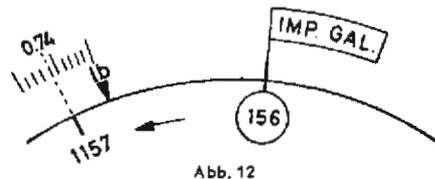
Stelle die umzuwandelnde Flüssigkeitsmenge auf der drehbaren Innenskala (c) unter die zutreffende Marke (Ltr, Imp Gal oder US Gal) auf dem Außenring (b) und drehe den Drehzeiger über den Wert des spezifischen Gewichts der Flüssigkeit in Skala (a) ein.

Lies unter dem Drehzeiger auf der Innenskala das der Flüssigkeitsmenge entsprechende Gewicht ab und zwar in kg, wenn der Drehzeiger über der spezifischen Gewichtsskala mit der Bezeichnung „kg“ eingestellt ist, oder in (engl.) Pfund bei Einstellung des Drehzeigers über der mit „lb“ bezeichneten Skala.

**4.31** Gegeben: 234 US Gallons Benzin,  
 spez. Gewicht 0,72  
 Gesucht: Gewicht in Kilogramm  
 und Pfund  
 Ergebnis: 1407 lb; 637 kg



**4.32** Gegeben: 156 Imp Gallons Benzin,  
 spez. Gewicht 0,74  
 Gesucht: Gewicht in lb  
 Ergebnis: 1157 lb



## 5. Umrechnung von Zeiten und Geschwindigkeiten

Bei derartigen Aufgaben besteht gegenüber den bisherigen Umrechnungsbeispielen der Unterschied, daß sich die Zeit- und Geschwindigkeitsmarken in der beweglichen Skala (c) befinden. Die Marke der gegebenen Einheit muß auf den gegebenen Wert in der festen Skala eingedreht werden. Das Ergebnis steht dann gegenüber der entsprechenden Marke auf der Außenskala.

## 5.1 Umrechnung von Zeiten

### 5.11 Umrechnung von Minuten in Stunden

In der Minutenskala (c) und in der Stundenskala (d) stehen sich die entsprechenden Werte für 1 bis 10 Stunden gegenüber. Am inneren Rand des schwarzen Ringes ist die Stundenskala bis 20 Stunden = 1200 Minuten fortgesetzt.

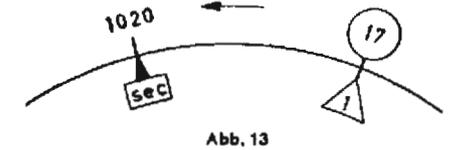
### 5.12 Umrechnung von Minuten in Sekunden mit den Marken $\Delta$ und sec

Gegeben: 17 Minuten

Gesucht: Anzahl der Sekunden

Ergebnis: 1020 sec

Die Stundenmarke  $\Delta$ , die gleichzeitig als Minutenmarke gilt, wird auf 17 in Skala (b) gestellt. Über der Sekundenmarke sec steht dann das Ergebnis 1020 sec. Aus der Fig. 13 geht hervor, daß die Umkehrung der Aufgabe in der gleichen Weise gerechnet wird.



## 5.2 Umrechnung von Geschwindigkeiten

### 5.21 Umrechnung von m/sec in km/h

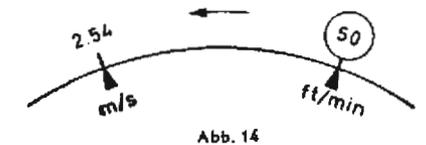
Die Marke sec erleichtert mit ihrer Lage bei dem Wert 36 auch die Umrechnung von Stunden in Sekunden. 1 h = 3600 sec und 1 m/sec = 3,6 km/h. Wird z. B. die Marke  $\blacklozenge$  der Minutenskala (c) gegenüber 35,8 m/s in Skala (b) gestellt, zeigt die Marke sec auf 129 km/h.

### 5.22 Umrechnung mit den Marken m/sec und ft/min

Gegeben: 500 ft/min

Gesucht: m/sec

Ergebnis: 2,54 m/sec



## 6. Weg-Zeit-Geschwindigkeit-Aufgaben

Derartige Aufgaben sind immer als eingekleidete Aufgaben gegeben, die am zweckmäßigsten in die Form einer Proportion (Verhältnisgleichung) gebracht werden (vgl. 3.5).

### 6.1 Berechnung von Steig- oder Sinkzeiten bzw. -Geschwindigkeiten

**6.11** Ein Flugzeug soll mit einer Steiggeschwindigkeit 700 feet/min von 2000 auf 11000 Fuß steigen. Gesucht ist die Steigzeit für den Höhenunterschied 9000 Fuß.

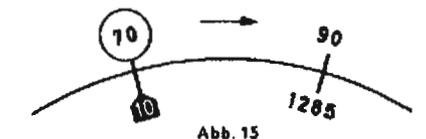
Die Steiggeschwindigkeit 700 ft/min gibt an, daß das Flugzeug in einer Minute 700 ft steigt. Damit ist die Ausgangseinstellung für die Proportion gegeben:

$$\frac{700}{1} = \frac{9000}{x}$$

Einstellung: Stelle bewegliche  $\blacklozenge$  unter die Steiggeschwindigkeit 700.

Ablesung: Lies die Steigzeit 12,85 min auf der beweglichen Skala unter dem Höhenunterschied 9000 ab.

Ergebnis: Steigzeit ca. 13 Minuten



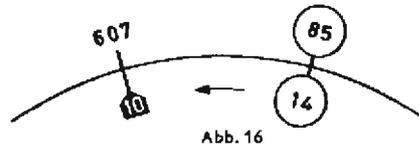
6.12 Ein Flugzeug gibt in 14 Minuten 8500 ft Höhe auf. Gesucht ist die Sinkgeschwindigkeit.

Proportion:  $\frac{8500}{14} = \frac{x}{1}$

Einstellung: 14 unter 85

Ablesung: 607 über 

Ergebnis: Sinkgeschwindigkeit 607 ft/min



6.2 Strecke-Grundgeschwindigkeit-Flugzeit

6.21 Bekannt: Grundgeschwindigkeit  
246 Knoten  
Flugstrecke 745 sm

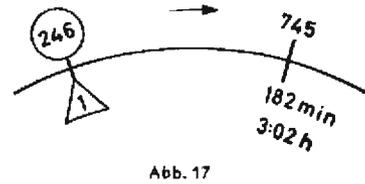
Gesucht: Flugzeit

Ansatz: Knoten sind Seemeilen  
pro 1 Stunde, also:

$$\frac{246}{1} = \frac{745}{x}$$

Einstellung: Stelle die Stundenmarke  $\Delta$  der Zeitskala unter die Grundgeschwindigkeit 246 auf der Außenskala (Entfernungsskala — Distance).

Ablesung: Lies unter der Strecke 745 der Entfernungsskala die Flugzeit 182 min = 3:02 h auf der Zeitskala ab. Die Stundenangabe steht im schwarzen Stundenkreis (d).

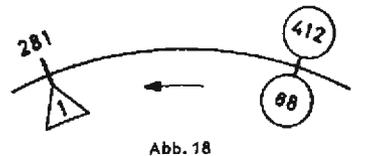


6.22 Bekannt: Strecke 412 km  
Flugzeit 1:28 h = 88 min

Gesucht: Grundgeschwindigkeit

Einstellung: Stelle die Flugzeit 88 min auf der Zeitskala unter die Strecke 412 km auf der Entfernungsskala.

Ablesung: Lies über der Stundenmarke  $\Delta$  der Zeitskala die Stundengeschwindigkeit 281 km/h. Der Abstand der Marke ft/min von der Marke  $\Delta$  gibt zufällig den ungefähren Umrechnungswert von km/h in kt, so daß über der Marke ft/min die Geschwindigkeit 153 kt steht. Der genaue Wert wäre zwei Teilstriche links der Marke 152 kt.

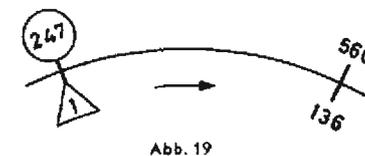


6.23 Bekannt: Grundgeschwindigkeit  
247 Knoten  
Flugzeit 2:16 h = 136 min

Gesucht: Zurückgelegte Strecke

Einstellung: Stelle die Stundenmarke  $\Delta$  unter die Grundgeschwindigkeit 247 kt auf der Entfernungsskala.

Ablesung: Lies über der Flugzeit 136 min der Zeitskala die zurückgelegte Strecke 560 Seemeilen auf der Entfernungsskala ab.



6.24 Bestimmung des Punktes gleicher Zeiten

Wenn während des Fluges eine Motorenstörung auftritt, ist es für den Flugzeugführer wichtig zu wissen, ob der Zielflughafen oder der Ausgangsflughafen schneller erreicht werden kann. Zu diesem Zweck wird der Punkt gleicher Zeiten (C. P. = Critical Point oder P. E. T. = Point of Equal Time) berechnet, d. h. der Punkt, von dem aus der Weiterflug zum Ziel die gleiche Zeit erfordert wie der Rückflug zum Startort. Die hierzu benutzte Formel lautet:

$$T_x = \frac{T_F \cdot G_R}{G_H + G_R} \quad (\text{Zeitformel})$$

- $T_x$  Flugzeit zum Punkt gleicher Zeiten,
- $T_F$  Flugplanzeit vom Abflug zum Zielort,
- $G_R$  Grundgeschwindigkeit auf dem Rückflug,
- $G_H$  Grundgeschwindigkeit auf dem Hinflug.

Die Entfernung vom Abflugort zum Punkt gleicher Zeiten wird mit folgender Formel berechnet:

$$D_x = \frac{D_Z \cdot G_R}{G_H + G_R} \quad (\text{Distanzformel})$$

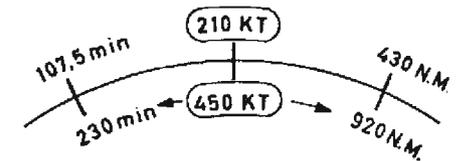
- $D_x$  Entfernung vom Abflugort zum Punkt  $P_x$
- $D_Z$  Entfernung vom Abflugort zum Zielort.

Die obige Gleichung läßt sich in eine für die Einstellung auf dem Navigations-Rechner handlichere Form bringen:

$$\frac{G_R}{G_H + G_R} = \frac{T_x}{T_F} \quad \text{oder} \quad \frac{D_x}{D_Z}$$

Beispiel:

Gegeben: Gesamtflugstrecke 920 NM  
 $G_H = 240$  kt  
 $G_R = 210$  kt  
Flugplanzeit  $T_F = 3:50$  h  
= 230 min



Gesucht: 1. Nach welcher Flugzeit wird der Punkt  $P_x$  erreicht?  
2. Wie weit ist der Punkt  $P_x$  vom Abflugort entfernt?

Zwischenrechnung:  $G_H + G_R = 450$  kt

Einstellung: Stelle den Drehzeiger auf  $G_R = 210$  in der Außenskala und drehe die Summe  $G_H + G_R = 450$  in der drehbaren Skala unter den Zeigerstrich. Mit dieser Einstellung stehen sich nach obiger Proportion die entsprechenden Flugzeiten  $T$  bzw. Entfernungen  $D$  gegenüber.

Ablesung: 1. Drehe den Zeiger nach  $T_F = 230$  der Innenskala und lies  $T_x = 107,5$  min auf der Außenskala ab.  
2. Drehe den Zeiger nach  $D_Z = 920$  der Innenskala und lies  $D_x = 430$  NM auf der Außenskala ab.

Ergebnis: Der Punkt gleicher Zeiten wird nach einer Flugzeit von 107,5 Minuten erreicht. Die geflogene Strecke beträgt dann 430 NM.

6.25 Bestimmung des letzten Umkehrpunktes

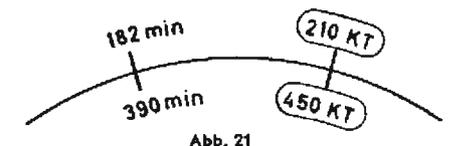
Der letzte Umkehrpunkt (Point of No Return) hängt von der Höchstflugdauer des Flugzeuges ab. Nach dem Überfliegen des letzten Umkehrpunktes reicht der Kraftstoffvorrat zu einer Rückkehr zum Ausgangsflughafen nicht mehr aus. Der Flug kann dann nur noch zum Ziel- oder Ausweichflughafen fortgesetzt werden. Vielfach wird auch der letzte sichere Umkehrpunkt (Point of Safe Return) ermittelt, dann liegt der Berechnung der Kraftstoffvorrat abzüglich der Warte- und etwaiger Ausweichreserven zugrunde.

Die Formel für die Flugzeit zum letzten Umkehrpunkt lautet:

$$T_u = \frac{T_{max} \cdot G_R}{G_H + G_R} \quad T_{max} = \text{Maximale Flugdauer}$$

Diese Formel ist wie diejenige des Abschnitts 6.24 aufgebaut, so daß auch hier wieder die gleiche Proportion gilt:

$$\frac{G_R}{G_H + G_R} = \frac{T_u}{T_{max}}$$



Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition|greis - www.edition-greis.de

Beispiel: Maximale Flugdauer: 6 1/2 Stunden = 390 min  
 $G_H = 240$  kt  
 $G_R = 210$  kt  
 $G_H + G_R = 450$  kt

Einstellung: Stelle  $G_R$  über  $G_H + G_R$  wie unter 6.24.

Ablesung: Lies die Flugzeit zum letzten Umkehrpunkt auf der Außenskala ab, wenn der Drehzeiger über der maximalen Flugdauer auf der Innenskala steht.

Ergebnis: Der letzte Umkehrpunkt wird nach 182 min = 3:02 h erreicht. Wenn der Punkt geographisch festgelegt werden soll, bestimmt man die Entfernung zum letzten Umkehrpunkt mit  $G_H$  nach der üblichen Weg-Zeit-Rechnung (vgl. 6.23). Die Entfernung ist 728 NM.

## 7. Kraftstoffverbrauch

7.1 Bekannt: Stundenverbrauch 220 Imp Gal,  
 Flugzeit 3:24 h = 204 min  
 und spez. Gewicht 0,72.

Gesucht: Gesamtverbrauch und Gewicht des  
 verbrauchten Kraftstoffs in (engl.) Pfund

Einstellung: Stelle die Stundenmarke  $\Delta$  der Zeitskala unter den Stundenverbrauchs-  
 wert 220 auf dem Außenring.

Ablesung: Lies den Gesamtverbrauch  
 748 Imp Gal auf dem Außenring  
 über der Flugzeit 204 auf der Zeitskala ab.

Zwischenergebnis:

Gesamtverbrauch 748 Imp Gal

Gewichtsberechnung (vgl. 4.32)

Ergebnis: 5390 lb

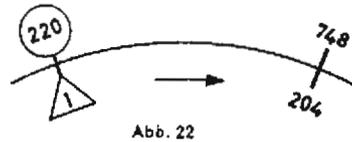


Abb. 22

7.2 Bekannt: Gesamtverbrauch  
 1470 US Gal.  
 Flugzeit 4:05 h = 245 min

Gesucht: Stundenverbrauch

Ergebnis: Stundenverbrauch  
 360 US Gal.

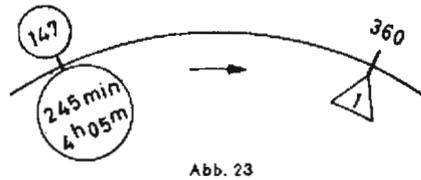


Abb. 23

7.3 Bekannt: Stundenverbrauch 320 Gal  
 Kraftstoffvorrat 1460 Gal

Gesucht: Maximale Flugdauer

Einstellung: Stelle die Stundenmarke der  
 Zeitskala unter den Stunden-  
 verbrauch.

Ablesung: Lies unter dem Kraftstoffvorrat  
 auf dem Außenring die maximale  
 Flugdauer 274 min auf der Zeitskala ab.

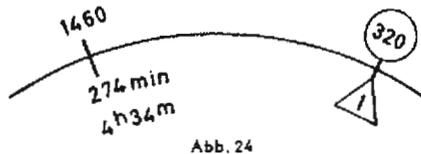


Abb. 24

## 8. Barometrische Navigation (Pressure Pattern Flying)

### 8.1 Berechnung der Querwindkomponente $V_n$ aus Höhenvergleichsmessungen

Die Formel zur Berechnung der Querwindkomponente lautet:

$$V_n = \frac{C \cdot (D_2 - D_1)}{\sin \varphi_m \cdot ZF}$$

darin bedeuten:

C Konstante 21,47.

$\varphi_m$  Mittelbreite zwischen den beiden Meßorten,

$D_1$  Differenzwert in Fuß für die 1. Messung,

$D_2$  Differenzwert in Fuß für die 2. Messung,

ZF Zwischenflugstrecke in Naut Miles, berechnet mit der Eigengeschwindigkeit (Air Distance).

Die Breitenskala (LATITUDE) auf der Innenscheibe des Navigationsrechners berücksichtigt das Glied  $\frac{C}{\sin \varphi_m}$  obiger Gleichung,

d. i. der „K-Faktor“. Damit wird die Gleichung vereinfacht:

$$\frac{D_2 - D_1}{ZF} = \frac{V_n}{K}$$

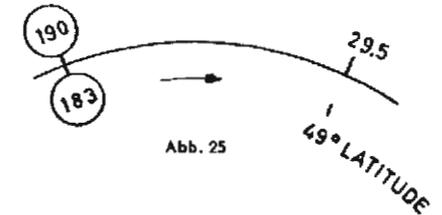


Abb. 25

Beispiel: 10.00 Uhr absolute Höhe über NN: 10240 Fuß  
 Druckhöhe: 10100 Fuß

$D_1$  ..... +140 Fuß

10.50 Uhr absolute Höhe über NN: 10050 Fuß  
 Druckhöhe: 10100 Fuß

$D_2$  ..... - 50 Fuß

$$D_2 - D_1 = -50 - (+140) = -190 \text{ Fuß}$$

Eigengeschwindigkeit 220 kt

Zwischenflugstrecke in 50 min beträgt 183 NM, Mittelbreite = 49°.

Der Wert  $D_2 - D_1$  ist negativ, d. h. das Flugzeug fliegt von einem Gebiet höheren Drucks in ein Gebiet tieferen Drucks. Nach dem Barischen Windgesetz kommt der Wind bei diesen Bedingungen von links. Die Querwindkomponente ist somit positiv.

Einstellung: Stelle die Differenz der D-Werte (190) auf dem Außenring gegenüber der Zwischenflugstrecke 183 auf der Randskala der Innenscheibe. Drehe den Zeiger über die Mittelbreite 49° auf der LATITUDE-Skala.

Ablesung: Lies die Querwindkomponente  $V_n = 29,5$  kt unter dem Drehzeiger auf dem Außenring ab.

### 8.2 Berechnung der seitlichen Windversetzung $Z_n$ für die Zwischenflugzeit

Die hierbei anzuwendende Formel lautet:

$$\frac{D_2 - D_1}{V_e} = \frac{Z_n}{K}$$

K K-Faktor (siehe unter 8.1),

$D_1$  Differenzwert in Fuß für die 1. Messung,

$D_2$  Differenzwert in Fuß für die 2. Messung,

$V_e$  effektive wahre Eigengeschwindigkeit zwischen den Messungen.

Der  $Z_n$ -Wert wird zur Bestimmung von Druckstandlinien (Pressure Lines of Position) gebraucht.

Beispiel:  $D_2 - D_1 = -170$  Fuß  
 $V_e = 175$  kt  
 Mittelbreite:  $38^\circ N$

Einstellung: Stelle die wahre Eigengeschwindigkeit 175 kt auf der Randskala der Innenscheibe unter die Differenz der D-Werte 170 Fuß auf dem Außenring und drehe den Drehzeiger über die Mittelbreite  $38^\circ$  auf der Latitude-Skala.



Abb. 26

Ablesung: Lies unter dem Zeigerstrich die seitliche Windversetzung  $Z_n = 34$  NM für die Zwischenflugzeit auf dem Außenring ab.

$D_2 - D_1$  ist negativ, daher ist die Windversetzung senkrecht zum rechtweisenden Steuerkurs um 34 NM nach rechts vom Standort ohne Wind (Air Position) für den Zeitpunkt der 2. Messung abzutragen.

### 8.3 Bestimmung der Abtrift aus $V_n$ oder $Z_n$

Die Bestimmung der Abtrift aus dem Wert der Querwindkomponente oder der seitlichen Windversetzung wird im Rahmen der Anleitung für die Lösung von Dreiecksaufgaben mit Hilfe des Navigationsrechners unter 11.19 erläutert.

## 9. Eigengeschwindigkeits-Berechnungen

Fahrtmesser werden nach den Bedingungen der internationalen Standard-Atmosphäre für das Meeresniveau geeicht. Bei einer von der Standardluftdichte für das Meeresniveau unterschiedlichen tatsächlichen Luftdichte in Flughöhe weicht die wahre Eigengeschwindigkeit von der Fahrtmesseranzeige ab, auch wenn der Fahrtmesser sonst fehlerfrei ist oder etwaige Instrumentenfehler berücksichtigt worden sind. Für die jeweilige Luftdichte sind als Hauptfaktoren der Luftdruck und die Temperatur bestimmend. Wegen der Gesetzmäßigkeit der Luftdruckabnahme mit der Höhe kann zur Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit an Stelle des Luftdrucks die Flughöhe, und zwar die Druckhöhe (Pressure Altitude), eingesetzt werden.

Auf dem ARISTO-AVIAT 610, 613, 615, 617 und 618 werden die Eigengeschwindigkeits-Berechnungen unter Benutzung der mit AIR SPEED bezeichneten Skalen (vgl. Abb. 1, f) ausgeführt. Hierbei ist zu beachten, daß das Bordthermometer bei höheren Geschwindigkeiten infolge der Kompressibilitätserwärmung eine zu hohe Temperatur anzeigt. Vor der Einstellung auf dem Navigationsrechner muß daher die abgelesene Temperatur zunächst berichtigt werden. Zu diesem Zweck ist im Mittelfeld des ARISTO-AVIAT eine Doppelskala aufgetragen, der die Temperaturberichtigungswerte für die verschiedenen Eigengeschwindigkeiten entnommen werden können. Beispielsweise muß bei einer Geschwindigkeit von 600 km/h die Ablesung am Bordthermometer um  $10^\circ C$  verringert werden, für die Geschwindigkeit 500 kt ist die Berichtigung  $-23^\circ C$ .

Die Berichtigungsskala kann nur einen Anhalt für den Korrekturwert geben, da die Größe des Anzeigefehlers durch die Reibungserwärmung von der Art und dem Einbauort des Temperaturfühlers abhängt. Genauere Korrekturwerte lassen sich aus der vom Flugzeughersteller für das betreffende Flugzeugmuster herausgegebenen Berichtigungstabelle entnehmen.

### 9.1 Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit

Bekannt: Fahrtmesseranzeige ( $V_a$ )  
 Berichtigte Außentemperatur (C. O. A. T.) in Celsius;  
 Druckhöhe (Pressure Altitude) in Fuß oder km.

Gesucht: Wahre Eigengeschwindigkeit  $V_e$  (True Air Speed = T. A. S.).

Einstellung: Stelle in der roten Skala (f) die berichtigte Außentemperatur auf der Temperaturskala C. O. A. T. unter die Druckhöhe (PRESS. ALT.) in km im oberen Fensterausschnitt oder über die Druckhöhe in Fuß im unteren Fensterausschnitt.

Ablesung: Lies die wahre Eigengeschwindigkeit (T. A. S.) auf dem Außenring über der Fahrtmesseranzeige auf der Randskala der Innenscheibe ab.

Beim Einstellen der Temperatur muß das Vorzeichen beachtet werden. Jedes Teilungsintervall entspricht  $5^\circ$ , so daß  $1^\circ$  geschätzt werden kann. Beziffert sind nur die Werte  $20^\circ$ ,  $40^\circ$  usw. in der ft-Höhenskala gilt jedes Intervall von Teilstrich zu Teilstrich 1000 ft; dazwischen können 100 ft geschätzt werden. Die metrische Höhenskala gibt Teilstriche für alle 200 m. Mit Hilfe des Drehzeigers können die beiden Höhenskalen (PRESS. ALT.) zu einfachen Umrechnungen von ft in km und umgekehrt benutzt werden.

Beispiel:  
 Gegeben:  $V_a = 170$  kt  
 Berichtigte Außentemperatur  $-5^\circ C$   
 Druckhöhe 9000 Fuß  
 Gesucht: Wahre Eigengeschwindigkeit  $V_e$   
 Ergebnis:  $V_e = 194$  kt

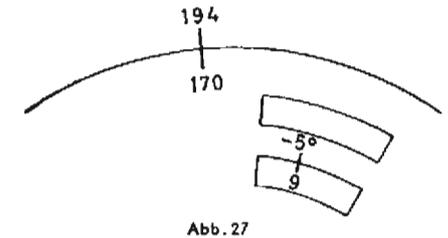


Abb. 27

### 9.2 Berechnung der Fahrtmesseranzeige

Bekannt: Wahre Eigengeschwindigkeit  
 $V_e = 230$  kt  
 Abgelesene Außentemperatur  $-21^\circ C$   
 Druckhöhe 6800 m  
 Gesucht: Fahrtmesseranzeige

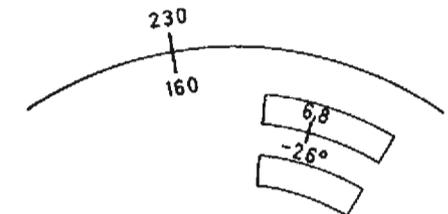


Abb. 28

Temperaturberichtigung  $-5^\circ$ ,  
 berichtigte Außentemperatur  $-26^\circ C$   
 Einstellung: wie unter 9.1

Ablesung: Lies die Fahrtmesseranzeige auf der Randskala der Innenscheibe gegenüber der wahren Eigengeschwindigkeit auf dem Außenring ab.

Ergebnis:  $V_a = 160$  kt

### 9.3 Kompressibilitätsberichtigung

Bei der Errechnung der wahren Eigengeschwindigkeit mit dem ARISTO-AVIAT 616 und 618 wird der durch die Kompressibilität der Luft hervorgerufene Fehler nicht berücksichtigt. Der dadurch entstehende Fehler nimmt erst bei Geschwindigkeiten von über 400 km/h und in größeren Flughöhen nennenswerten Umfang an. Der Kompressibilitätseffekt im Meeresniveau wird bereits bei der Fahrtmesser-Eichung erfaßt. Im allgemeinen stehen für Flugzeuge, deren Geschwindigkeit eine Berücksichtigung der Kompressibilität notwendig macht, besondere Berichtigungstabellen oder aber Geschwindigkeitsdiagramme zur Verfügung, in welche die Berichtigung eingearbeitet ist. Die Benutzung der Berichtigungstabellen oder der Diagramme, die vom Herstellerwerk auf Grund der Ergebnisse von Meßflügen zusammen mit den Flugleistungskurven herausgegeben werden, ermöglicht eine genaue Bestimmung der kompressibilitätsberichtigten wahren Eigengeschwindigkeit. Außerdem gibt es Eigengeschwindigkeitsmesser (True Air Speed Indicators), die unmittelbar die kompressibilitätsberichtigte wahre Eigengeschwindigkeit anzeigen. Einen anderen Weg zur Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit eröffnen die in Flugzeugen mit Düsentriebwerk eingebauten Machmeter auf Grund der Beziehung:

$$\text{Machzahl} = \frac{\text{wahre Eigengeschwindigkeit}}{\text{Schallgeschwindigkeit}}$$

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Kompressibilitätsberichtigung für die verschiedenen Höhen und Geschwindigkeiten:

Druckhöhe ft	Berichtigte Fahrtmesseranzeige in Knoten							
	200	250	300	350	400	450	500	550
10 000	1.0	1.0	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97
20 000	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93
30 000	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.91	0.90	0.89
40 000	0.96	0.94	0.92	0.90	0.90	0.87	0.87	0.86
50 000	0.93	0.90	0.87	0.86	0.86	0.84	0.84	0.84

Um die kompressibilitätsberichtigte wahre Eigengeschwindigkeit zu ermitteln, geht man in obige Tabelle mit den Werten der Druckhöhe und der berichtigten Fahrtmesseranzeige ein und entnimmt den zugehörigen Berichtigungsfaktor. Die in der üblichen Weise (vgl. 9.1) bestimmte Eigengeschwindigkeit wird dann mit dem Berichtigungsfaktor multipliziert. Das Ergebnis ist nicht ganz exakt, da die Temperatur in Flughöhe bei Abweichung von den Werten der Standard-Atmosphäre als dritte Variable unberücksichtigt bleibt.

**Beispiel:** Berichtigte Fahrtmesseranzeige 320 kt, Flughöhe 20000 Fuß, Abgelesene Außentemperatur,  $-6^{\circ}$ , Geschätzte Eigengeschwindigkeit zur Entnahme der Temperaturberichtigung 430 kt, Temperaturberichtigung  $-17^{\circ}\text{C}$ , dieser Wert zur abgelesenen Außentemperatur zugefügt, gibt die berichtigte Außentemperatur  $-23^{\circ}\text{C}$ .

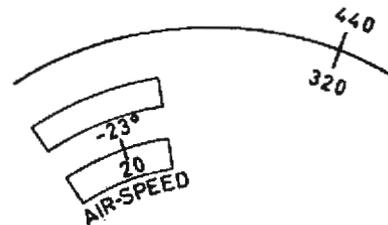


Abb. 29

Wahre Eigengeschwindigkeit (ohne Kompr.-Ber.) 440 kt, Berichtigungsfaktor 0,97,  $0,97 \times 440 = 427$  kt (komp.-berichtigte wahre Eigengeschwindigkeit).

#### 9.4 Berechnung der Schallgeschwindigkeit und Machzahl

Nach der unter 9.3 angegebenen Beziehung zwischen Machzahl, Eigengeschwindigkeit und Schallgeschwindigkeit kann jederzeit aus zwei bekannten Größen die dritte berechnet werden.

##### 9.41 Machzahl

Zur Bestimmung der Machzahl sind in den Skalenfeldern unter den Fensterausschnitten für die Eigengeschwindigkeitsberechnungen (AIR-SPEED) zwei Marken angebracht, die eine mit der Bezeichnung M (km/h) im Fensterausschnitt für Druckhöhen in km und die andere mit der Bezeichnung M (kt) im Fensterausschnitt für Druckhöhen in Fuß; die Marke M (kt) liegt außerhalb der eigentlichen Skala und wird von der Druckhöhenskala aus am besten durch Linksdrehung der Innenscheibe erreicht.

**Einstellung:** Stelle die Marke M (kt) gegenüber der Außentemperatur (C. O. A. T.) in Flughöhe ein.

**Ableseung:** Lies unter der wahren Eigengeschwindigkeit des Außenringes die Machzahl auf der drehbaren Skala ab.

**Beispiel:** Wahre Eigengeschwindigkeit 420 kt, Außentemperatur in Flughöhe  $-35^{\circ}\text{C}$

**Ergebnis:** Machzahl 0.7

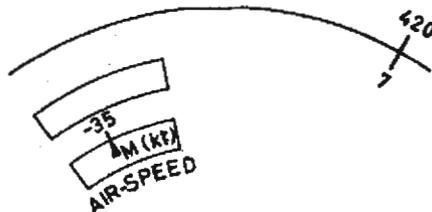


Abb. 30

##### 9.42 Schallgeschwindigkeit

Da die Schallgeschwindigkeit sich mit der Temperatur ändert und die einfache Beziehung  $C_s = \frac{V}{M}$  zwischen Machzahl, Eigengeschwindigkeit und Schallgeschwindigkeit besteht, kann durch die Einstellung der Außentemperatur auf die Marke M (kt) bzw. M (km/h) auch die Schallgeschwindigkeit berechnet werden.

**Einstellung:** Stelle die Marke M (kt) gegenüber der Außentemperatur in Flughöhe ein.

**Ableseung:** Lies über der Marke M der Minuskala die Schallgeschwindigkeit in der festen Außenskala ab.

**Beispiel:** Außentemperatur in Flughöhe  $-35^{\circ}\text{C}$ .

**Ergebnis:** Über Marke M steht die Schallgeschwindigkeit 600 kt.

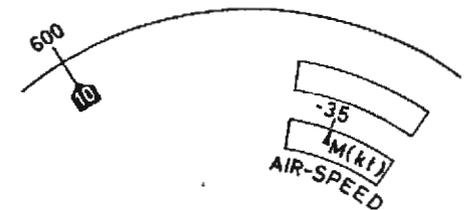


Abb. 31

#### 10. Höhenberechnungen

##### 10.1 Berechnung der wahren Höhe

Der Höhenmesser ist nach den Bedingungen der Standard-Atmosphäre geeicht. Abweichungen des tatsächlichen Luftdrucks von den Standardwerten finden durch entsprechende Höhenmessereinstellung (QNH oder QFE) Berücksichtigung. Dagegen lassen sich Temperaturabweichungen, die ebenfalls eine Fehlanzeige zur Folge haben, nicht in der gleichen Weise wie die Luftdruckabweichungen durch eine Einstellung am Höhenmesser ausgleichen. Zur Berechnung der wahren Höhe wird auf dem ARISTO-AVIAT die mit ALTITUDE bezeichnete fensterskala (g) benutzt.

**Bekannt:** Druckhöhe (Pressure Altitude) 17000 ft, QNH-Höhe 17500 ft, Berichtigte Außentemperatur  $-10^{\circ}\text{C}$

**Gesucht:** Wahre Höhe (True Altitude).

**Einstellung:** Stelle die Druckhöhe 17000 Fuß unter die berichtigte Außentemperatur C. O. A. T.  $-10^{\circ}\text{C}$ .

**Ableseung:** Lies über der QNH-Höhe 17500 der drehbaren Innenskala die wahre Höhe 18100 ft auf dem Außenring (T. ALT.) ab.

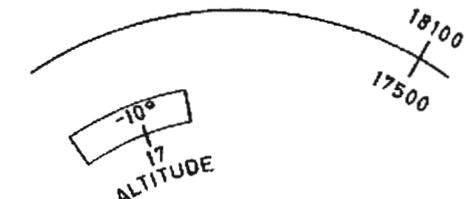


Abb. 32

##### 10.2 Berechnung der Dichte-Höhe (Density Altitude)

Dichte-Höhe ist diejenige Höhe, die in der Standard-Atmosphäre der in Flughöhe herrschenden Luftdichte entspricht. Da für die Flugleistungen nicht die absolute Flughöhe, sondern die in der Flughöhe herrschende Luftdichte maßgebend ist, sind die Flugleistungskurven auf die Dichte-Höhe abgestellt.

**Einstellung:** Stelle auf der Air Speed-Skala die berichtigte Außentemperatur gegenüber der Druckhöhe ein.

**Ableseung:** Lies, dem roten Hinweisfeil nach rechts folgend, die Dichte-Höhe in dem mit DENSITY ALTITUDE bezeichneten Fensterausschnitt an der Ablesemarke für km (am oberen Rand des Fensterausschnittes) oder an der Ablesemarke für Fuß (am unteren Rand des Fensterausschnittes) ab.

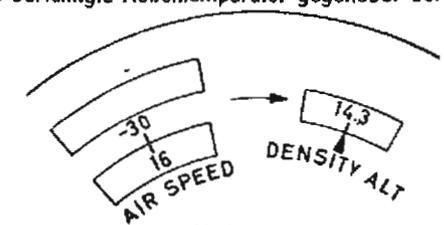


Abb. 33

**Beispiel:** Druckhöhe 16000 Fuß, Berichtigte Außentemperatur  $-30^{\circ}\text{C}$   
**Ergebnis:** Dichte-Höhe 14300 Fuß.



### 11.12 Bestimmung der Abtrift und der Grundgeschwindigkeit

Bekannt: Rechtweisender Steuerkurs  
Eigengeschwindigkeit  
Wind

Gesucht: Abtrift und Grundgeschwindigkeit

Zeichnerische Lösung:

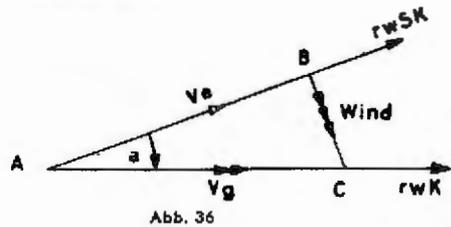


Abb. 36

- (1) Man zeichnet vom Ausgangspunkt (A) die Richtung des rechtweisenden Steuerkurses und trägt darauf die Eigengeschwindigkeit ab.
- (2) Vom Endpunkt (B) dieser Strecke trägt man den Wind leewärts nach Richtung und Stärke ab und erhält den Punkt C.
- (3) Der Winkel BAC ist die Abtrift (a) und die Strecke AC gibt die Grundgeschwindigkeit an.

Lösung mit ARISTO-AVIAT 613 und 617:

- (a) Stelle an der Marke TRUE INDEX den rechtweisenden Steuerkurs ein und schiebe die Eigengeschwindigkeit auf der Nulllinie des Diagramms unter den Mittelpunkt der transparenten Scheibe.
- (b) Stelle mit dem zum Diagramm passend markierten Ende des Drehzeigers die gegebene Windrichtung leewärts ein, also unter Benutzung der roten Bezifferung der Kursrose.
- (c) Suche auf der Skala des Drehzeigers die Windgeschwindigkeit auf und lies darunter auf dem Diagrammschieber die Abtrift an den radialen Abtriftlinien und die Grundgeschwindigkeit an den Geschwindigkeitskreisen ab. Mitunter ist es vorteilhaft, die Bleistiftspitze auf den Endpunkt des Windvektors zu halten, um die Ablesung zu erleichtern.

Beispiel:

Gegeben:  $rw\ SK = 120^\circ$   
 $V_e = 210\ kt$   
Wind  $= 250^\circ/30\ kt$

Gesucht: Abtrift und  $V_g$

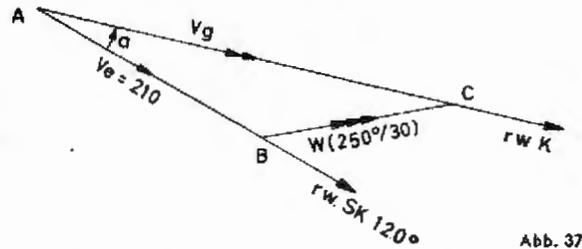


Abb. 37

Einstellung: Stelle  $120^\circ$  unter die Marke TRUE INDEX (Abb. 38), schiebe 210 kt des Diagrammschiebers unter den Mittelpunkt der Transparenzscheibe.

Drehe den Zeiger auf die rotbezifferte Windrichtung  $250^\circ$  der Kursrose und stelle den Windvektor damit leewärts ein.

Ablesung: Unter der Windgeschwindigkeit 30 kt der Zeigerskala lies die Abtrift  $-6^\circ$  und die Grundgeschwindigkeit 230 kt auf dem Diagrammschieber ab.

Neben dem TRUE INDEX sind nach links und rechts die mit DRIFT LEFT und DRIFT RIGHT bezeichneten Gradbögen von  $0^\circ$  bis  $50^\circ$  beziffert, sie dienen zum Addieren und Subtrahieren von Richtungen. Unter  $6^\circ$  des mit einem Minuszeichen markierten linken Gradbogens kann beim obigen Beispiel in der Kursrose der  $rw\ K\ 114^\circ$  abgelesen werden.

Der ARISTO-AVIAT 618 hat keinen Drehzeiger, deshalb wird zunächst die Windrichtung mit der schwarzen Kursrose an der TRUE INDEX-Marke eingestellt und die Windstärke vom Mittel-

punkt aus nach unten abgetragen (Abb. 39). Dazu wird die Geschwindigkeitsunterteilung längs der Nulllinie des Diagrammschiebers benutzt. Es genügt, den Endpunkt des Windvektors durch ein kleines Kreuz oder einen Punkt zu markieren. Man stellt dann den rechtweisenden Steuerkurs unter die Marke TRUE INDEX und liest unter der Markierung, wie oben unter (c) beschrieben, die Abtrift und die Grundgeschwindigkeit ab.

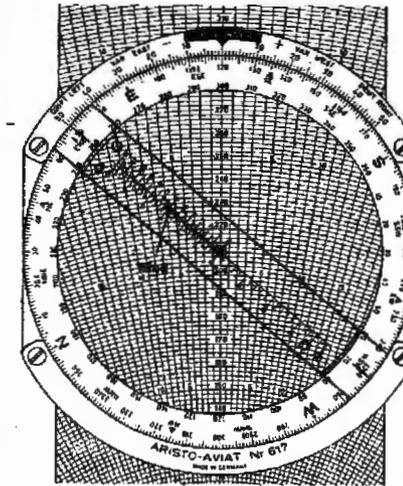


Abb. 38

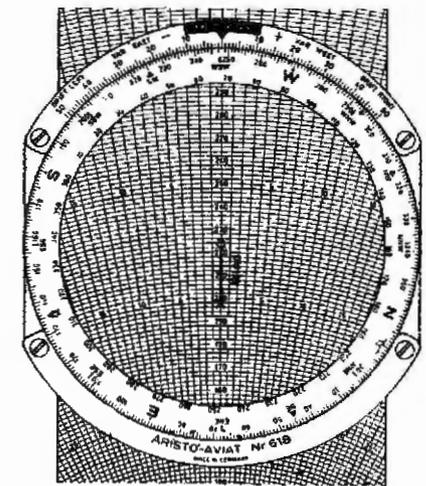


Abb. 39

Beispiel:

Gegeben:  $rw\ SK$  und  $V_e$  wie oben  
Wind  $248^\circ/26\ kt$

Gesucht: Abtrift und  $V_g$

- Einstellung: (1) Windrichtung  $248^\circ$  gegen Marke TRUE INDEX (Abb. 39)  
(2) Vom Mittelpunkt der Transparenzscheibe aus 26 kt nach unten abtragen (hierzu kann man beispielsweise 226 auf der Mittelachse des Diagrammschiebers unter den Mittelpunkt der Transparenzscheibe stellen und das Ende des Windvektors bei 200 markieren).  
(3)  $rw\ SK = 120^\circ$  gegen Marke TRUE INDEX  
(4)  $V_e = 210\ kt$  unter Mittelpunkt der Transparenzscheibe
- Ablesung: Lies unter dem Endpunkt des Windvektors die Abtrift  $-5^\circ$  und die Grundgeschwindigkeit 227 kt auf dem Diagrammschieber ab.

### 11.13 Bestimmung des Luvwinkels und der Grundgeschwindigkeit

Bekannt: Rechtweisender Kurs (Kartenkurs bzw. beabsichtigter Kurs über Grund)  
Eigengeschwindigkeit  
Wind

Gesucht: Luvwinkel und Grundgeschwindigkeit

Zeichnerische Lösung:

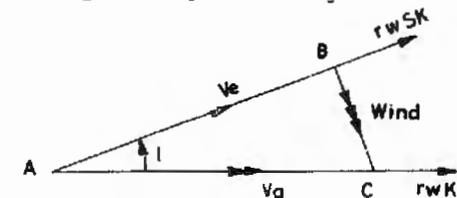


Abb. 40

Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition greis - www.edition-greis.de

- (1) Zeichne die Richtung des rechtweisenden Kurses.
- (2) Trage von einem beliebigen Punkt C der Kurslinie aus den Wind mit seiner Stärke luvwärts ab.
- (3) Schlage um den Endpunkt B dieses Windvektors einen Kreis mit der Eigengeschwindigkeit und verbinde den Schnittpunkt A von Kreisbogen und Kurslinie mit B. Der Winkel BAC ist der Luvwinkel, und die Strecke AC ist die Grundgeschwindigkeit  $V_g$ .

Lösung mit ARISTO-AVIAT 613 und 617:

- Stelle unter der Marke TRUE INDEX den  $rw\ K$  ein.
- Drehe den Zeiger auf die gegebene Windrichtung und benutze in diesem Falle die schwarze Bezeichnung der Kursrose, um den Wind luvwärts einzustellen.
- Schiebe mit dem entsprechenden Kreisbogen des Diagrammschiebers die Eigengeschwindigkeit unter die Windgeschwindigkeit der Drehzeigerskala.
- Lies an der gleichen Stelle den Luvwinkel zwischen den Abtrifflinien des Diagrammschiebers und unter dem Mittelpunkt der Transparentscheibe die Geschwindigkeit ab.

Beispiel:

Gegeben:  $rw\ K = 48^\circ$   
 Wind =  $350^\circ/30\text{ kt}$   
 $V_e = 210\text{ kt}$

Gesucht:  $I$  und  $V_g$

Einstellung:  $48^\circ$  unter Marke TRUE INDEX (Abb. 42)

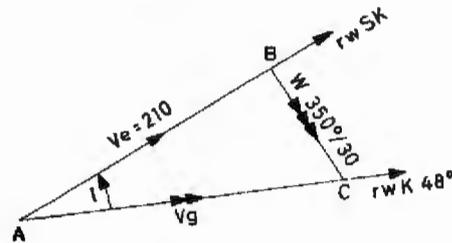


Abb. 41

Stelle den Drehzeiger auf  $350^\circ$  der schwarzen Gradteilung (luvwärts) und schiebe den mit 210 bezifferten Bogen des Diagramms unter die Windgeschwindigkeit 30 der entsprechenden Zeitskala.

Ableitung: Lies unter dem Endpunkt des Windvektors den Luvwinkel mit  $-7^\circ$  und unter dem Mittelpunkt der Zeichenfläche die Grundgeschwindigkeit mit  $192\text{ kt}$  auf dem Diagrammschieber ab. Der zu steuernde  $rw\ SK$  ist  $41^\circ$ .

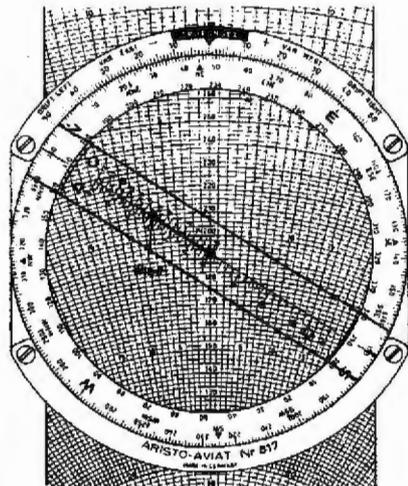


Abb. 42

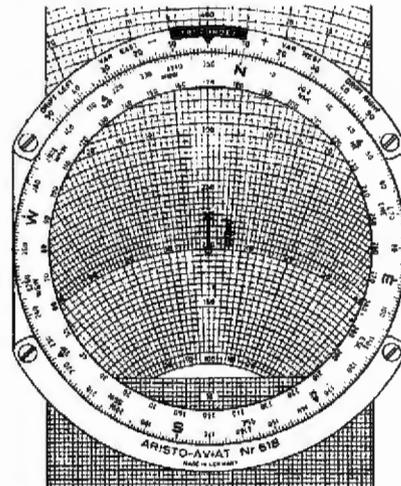


Abb. 43

Beim ARISTO-AVIAT 618 stelle zuerst die Windrichtung  $350^\circ$  der Kursrose unter den TRUE INDEX und trage den Windvektor mit dem Endpunkt bei  $30\text{ kt}$  Windgeschwindigkeit nach oben (luvwärts) ab (Abb. 43). Drehe anschließend den

$rw\ K$   $48^\circ$  unter den TRUE INDEX und stelle  $V_e = 210\text{ kt}$  des Diagrammschiebers unter den Endpunkt des Windvektors. In Abb. 43 ist die Diagrammseite B benutzt, um zu zeigen, wie die Länge des Windvektors vom Diagramm abhängt.

### 11.14 Bestimmung des Windes aus Abtrift und Grundgeschwindigkeit

Gegeben: Rechtweisender Steuerkurs  
 Eigengeschwindigkeit  
 Grundgeschwindigkeit  
 Abtrift

Gesucht: Wind

Zeichnerische Lösung:

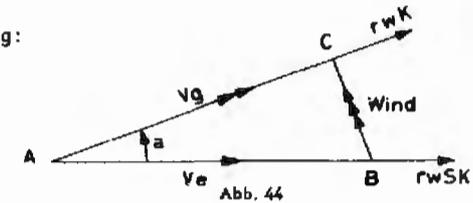


Abb. 44

- (1) Zeichne den rechtweisenden Steuerkurs und trage darauf die Eigengeschwindigkeit  $V_e$  (Strecke AB) ab.
- (2) Im Ausgangspunkt trage den Abtriftwinkel nach der entsprechenden Seite (+ nach rechts, - nach links) an und trage auf diesem  $rw\ K$  die Strecke AC als  $V_g$  ab.
- (3) Die Verbindungslinie zwischen B und C gibt den Wind nach Richtung und Stärke an.

Lösung mit ARISTO-AVIAT 613 und 617:

- Stelle den rechtweisenden Steuerkurs unter die Marke TRUE INDEX.
- Schiebe die Eigengeschwindigkeit unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
- Markiere den Schnittpunkt zwischen Abtrifflinie und Grundgeschwindigkeitskreisbogen.
- Stelle den Drehzeiger auf den markierten Punkt und benutze dazu die zur Diagrammskala passende Windskala.
- Lies auf der Zeigerskala über der Punktmarkierung die Windgeschwindigkeit und auf der Kursrose (rote Ziffern) die Windrichtung ab.

Beispiel:

Gegeben:  $rw\ SK = 310^\circ$   
 $V_e = 200\text{ kt}$   
 $V_g = 176\text{ kt}$   
 $a = +7^\circ$

Gesucht: Wind nach Richtung und Geschwindigkeit

Einstellung:  $310^\circ$  unter TRUE INDEX (Abb. 46)

$200\text{ kt}$  unter Mittelpunkt der Transparentscheibe

Drehzeiger über den Schnittpunkt der Abtrifflinie  $+7^\circ$  (nach rechts) mit dem Geschwindigkeitsbogen  $176\text{ kt}$  stellen, die Markierung ist nicht unbedingt erforderlich.

Ableitung: Lies den Wind mit  $270^\circ$  und  $33\text{ kt}$  mit Hilfe des Drehzeigers ab.

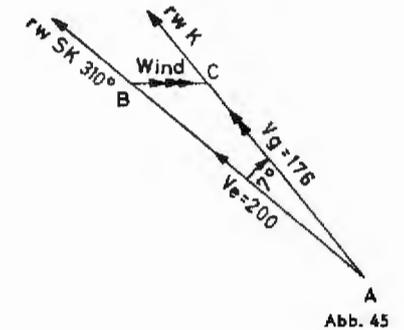


Abb. 45

Bei Verwendung des ARISTO-AVIAT 618 markiere den Windpunkt und drehe ihn nach unten auf die Nulllinie des Diagrammschiebers. Lies die Windrichtung (schwarze Ziffern) unter der Marke TRUE INDEX ab. Die Windgeschwindigkeit wird in der üblichen Weise unter Benutzung der Geschwindigkeitsskala auf der Nulllinie des Diagrammschiebers abgelesen. Diese Ableitung wird erleichtert, wenn ein runder Wert des Schiebers, z. B.  $200$ , unter den Endpunkt des Windvektors oder den Mittelpunkt der Zeichenfläche gestellt wird (Abb. 47).

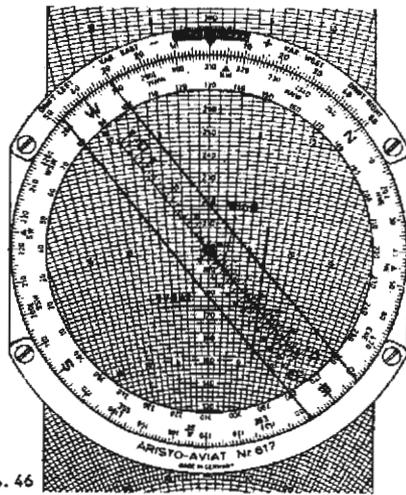


Abb. 46

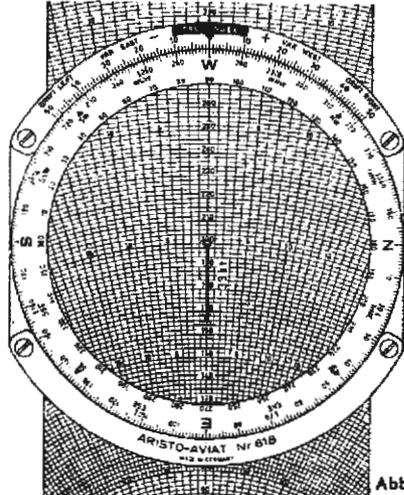


Abb. 47

### 11.15 Bestimmung des Windes aus zwei oder mehreren Abtriften

Wenn aus zwei rechtweisenden Steuerkursen, die, um brauchbare Ergebnisse zu erzielen, einen Gradunterschied von wenigstens  $45^\circ$  haben sollen, die Abtrift gemessen wird, läßt sich bei bekannter Eigengeschwindigkeit der Wind bestimmen.

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

- Stelle zunächst die Eigengeschwindigkeit auf dem Diagrammschieber unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
- Stelle den 1. rechtweisenden Windkurs an der TRUE INDEX-Marke ein.
- Ziehe mit einem Bleistift die 1. gemessene Abtrift entlang der Abtrifflinie des Diagrammschiebers auf der Zeichenfläche nach.
- Stelle den 2. rechtweisenden Windkurs an der Marke TRUE INDEX ein.
- Suche auf dem Diagrammschieber die Abtrifflinie, die der 2. gemessenen Abtrift entspricht, und markiere auf der zuvor eingezeichneten Bleistiftlinie den Schnittpunkt.
- Drehe den Zeiger auf den Schnittpunkt und lies Windrichtung und Windgeschwindigkeit ab.

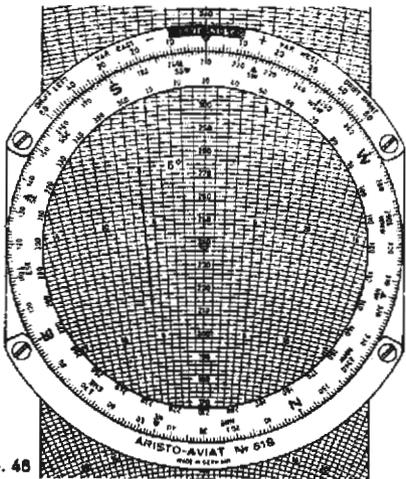


Abb. 48

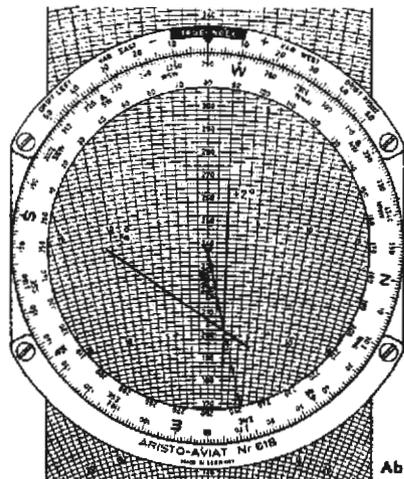


Abb. 49

Beispiel:  $V_e = 240$  kt

- rw SK =  $210^\circ$   $a = -6^\circ$
- rw SK =  $260^\circ$   $a = +2^\circ$

- Einstellung:
- 240 kt unter Mittelpunkt der Zeichenfläche
  - $210^\circ$  unter TRUE INDEX (Abb. 48)
  - Ziehe die  $-6^\circ$  Abtrifflinie mit dem Bleistift nach
  - $260^\circ$  unter TRUE INDEX (Abb. 49)
  - Markiere den Schnittpunkt der  $+2^\circ$  Abtrifflinie mit der vorher eingezeichneten Bleistiftlinie
  - Bringe den Drehzeiger über die Markierung
  - Lies die Windrichtung mit  $248^\circ$  und die Windstärke mit 36 kt ab
- Bei Benutzung des AVIAT 618 den Schnittpunkt der Abtrifflinien nach unten über die Nulllinie des Diagrammschiebers drehen und die Windrichtung unter TRUE INDEX ablesen.

Ergebnis: Wind  $248^\circ/36$  kt

### 11.16 Nachkoppeln

Zum Nachkoppeln benutzt man die quadratische Unterteilung auf der Seite B, G oder H des Diagrammschiebers.

**Bekannt:** Die geflogenen rechtweisenden Steuerkurse und Flugzeiten, die Eigengeschwindigkeit und der Wind.

**Gesucht:** Richtung und Entfernung des Koppelortes vom Ausgangspunkt für das Nachkoppeln.

- Einstellung:
- Stelle den ersten rechtweisenden Steuerkurs unter die Marke TRUE INDEX.
  - Stelle den oberen Rand der quadratischen Einteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche und trage in geeignetem Maßstab die Flugstrecke senkrecht nach unten ab, die ohne Berücksichtigung des Windeinflusses mit dem ersten Steuerkurs zurückgelegt ist.
  - Stelle den zweiten rechtweisenden Steuerkurs ein und trage vom Endpunkt des ersten Kurses senkrecht nach unten die Flugstrecke für den zweiten Kurs ab.
  - Verfahre in gleicher Weise bei etwaigen weiteren Kursen.
  - Stelle die Windrichtung an der Marke TRUE INDEX ein.
  - Trage die Gesamtwindversetzung für die auf den verschiedenen Steuerkursen geflogene Zeit vom Endpunkt der aneinander gekoppelten rechtweisenden Steuerkurse senkrecht nach oben ab.
  - Drehe den Endpunkt des so eingetragenen Windvektors nach unten auf die Nulllinie des Diagrammschiebers ein.

**Ablesung:** Lies unter der Marke TRUE INDEX die Richtung des Koppelortes vom Ausgangspunkt ab.

Die Entfernung des Koppelortes vom Ausgangspunkt ergibt sich als Abstand des Endpunktes des Windvektors vom Mittelpunkt der Zeichenfläche. Zur Ablesung benutze man die Bezifferung auf der Mittelachse des Diagrammschiebers.

Beispiel:

Gegeben:  $V_e = 255$  kt Wind  $340^\circ/50$  kt

- rw SK =  $145^\circ$ , Flugzeit 6 min (25,5 NM Flugstrecke, vergl. Kap. 6.23)
- rw SK =  $90^\circ$ , Flugzeit 4 min (17 NM Flugstrecke)
- rw SK =  $20^\circ$ , Flugzeit 7 min (30 NM Flugstrecke)

**Gesucht:** Richtung und Entfernung des Koppelortes vom Ausgangspunkt.

Zeichnerische Lösung:

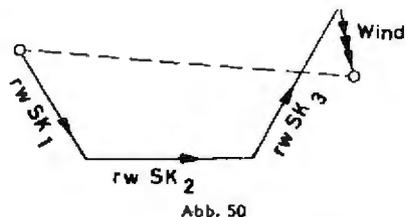


Abb. 50

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

- Einstellung: (1) Stelle  $145^\circ$  unter TRUE INDEX und den oberen Rand (Nulllinie) der Quadratteilung auf Diagrammseite B, G oder H unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
- (2) Trage vom Mittelpunkt aus senkrecht nach unten den ersten Punkt bei 25,5 NM ab.
- (3)  $90^\circ$  unter TRUE INDEX.
- (4) Ziehe die Nulllinie des Quadratnetzes unter den ersten Punkt und trage vom Endpunkt des ersten Kurses aus senkrecht nach unten 17 NM ab.
- (5)  $20^\circ$  unter TRUE INDEX.
- (6) Ziehe die Nulllinie unter den zweiten Punkt und trage 30 NM nach unten ab, um den dritten Punkt zu erhalten.
- (7) Windrichtung  $340^\circ$  unter TRUE INDEX.
- (8) Ziehe den unteren Rand des Quadratnetzes unter den letzten Punkt und trage die Windversetzung 14 NM senkrecht nach oben ab.  
Die Windversetzung für die Gesamtflugzeit 17 min ergibt sich aus einer Verhältnisgleichung mit der Windgeschwindigkeit 50 kt.
- $$\frac{50}{17} = \frac{\text{Windversetzung}}{\text{Gesamtflugzeit}}$$
- (9) Drehe den Endpunkt des Windvektors nach unten über die Mittelachse des Diagrammschiebers und ziehe die Nulllinie des Quadratnetzes unter den Mittelpunkt.

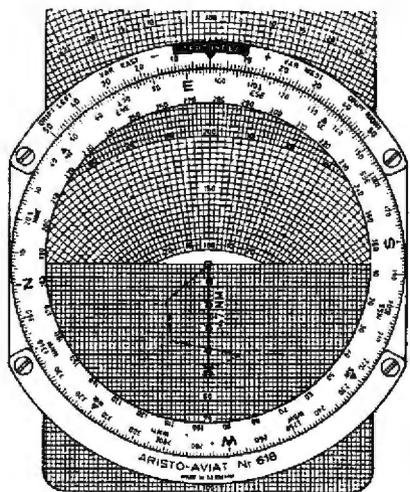


Abb. 51

Ableitung: Lies bei der TRUE INDEX-Marke die Richtung des Koppelortes mit  $97^\circ$  ab, Entfernung vom Ausgangspunkt 47 NM.

### 11.17 Kursverbesserung

Bekannt: Seitliche Versetzung (in NM) des Flugzeuges von der Sollkurslinie. Entfernung des Flugzeuges vom Ausgangspunkt.

Gesucht: Kursfehler und Kursberichtigung

- Rechengang: (1) Stelle eine der Haupthimmelsrichtungen unter die TRUE INDEX-Marke.
- (2) Trage die seitliche Versetzungsstrecke vom Zentrum aus anhand der Nulllinie des Diagrammschiebers nach oben oder unten ab.
- (3) Stelle eine um  $90^\circ$  verschiedene Haupthimmelsrichtung unter die TRUE INDEX-Marke.
- (4) Stelle die geflogene Entfernung auf der Nulllinie des Diagrammschiebers unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
- (5) Lies unter dem Endpunkt der Versetzung den Kursfehler in Grad unter Benutzung der Abtrifflinien auf dem Diagrammschieber ab.
- (6) Stelle die noch zu fliegende Entfernung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche und lies den Kursverbesserungswinkel für die Strecke bis zum Bestimmungsort in entsprechender Weise wie unter Ziffer (5) ab.
- (7) Addiere die beiden Gradwerte und bringe die so erhaltene Gesamtberichtigung an den rechtweisenden Steuerkurs bei Versetzung nach rechts durch Subtraktion, bei Versetzung nach links durch Addition an.

Beispiel:

Gegeben: Rechtweisender Steuerkurs  $100^\circ$   
Zurückzulegende Strecke 380 NM  
Seitliche Versetzung 24 NM nach rechts nach einer Flugstrecke von 210 NM

Gesucht: Kursverbesserungswinkel

Zeichnerische Lösung:

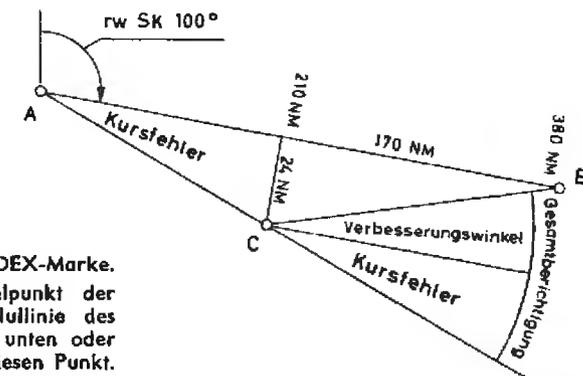


Abb. 52

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

Einstellung:

- (1) Stelle N unter die TRUE INDEX-Marke.
- (2) Zähle 24 NM vom Mittelpunkt der Zeichenfläche auf der Nulllinie des Diagrammschiebers nach unten oder oben ab und markiere diesen Punkt.
- (3) Stelle E oder W an der TRUE INDEX-Marke ein.
- (4) Stelle 210 auf der Nulllinie des Diagrammschiebers unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
- (5) Lies den Kursfehler mit  $6\frac{1}{2}^\circ$  bei der Markierung an den Abtrifflinien ab (Abb. 53).
- (6) Stelle die Restentfernung 170 unter den Mittelpunkt und lies den Verbesserungswinkel mit  $8^\circ$  bei der Markierung ab (Abb. 54).
- (7) Bringe an den geflogenen Steuerkurs ( $100^\circ$ ) die Gesamtberichtigung  $6\frac{1}{2}^\circ + 8^\circ = 14\frac{1}{2}^\circ$  nach links an und steuere  $85\frac{1}{2}^\circ$ , um den Bestimmungsort zu erreichen. Diese Rechnung wird am besten mit dem Gradbogen DRIFT LEFT durchgeführt.

Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition|greis - www.edition-greis.de

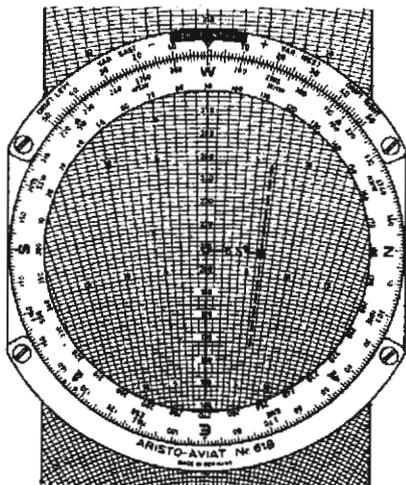


Abb. 53

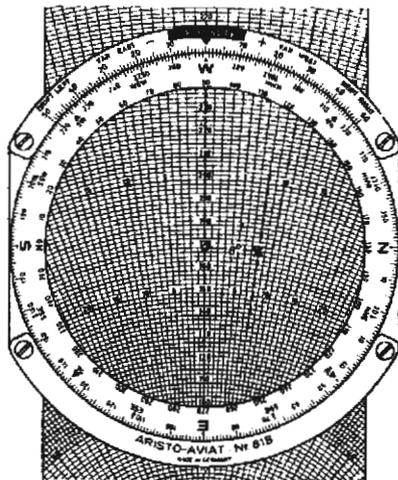


Abb. 54

### 11.18 Berechnung der Seiten- und Längswindkomponente

Für Start und Landung auf befestigten Bahnen ist es wichtig, die Seiten- und/oder Längswindkomponente zu kennen. Zur Lösung dieser Aufgaben benutzt man die quadratische Unterteilung auf der Seite B, G oder H des Diagrammschiebers.

Einstellung: (1) Drehe die Windrichtung unter die Marke TRUE INDEX.

- (2) Stelle den Nullpunkt der Quadrattteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche und trage den Windvektor nach unten ab.
- (3) Stelle die rechtweisende Richtung der Landebahn an der TRUE INDEX-Marke ein.

Ablesung: (1) Lies die Seitenwindkomponente als den Abstand vom Ende des Windvektors bis zur Mittelachse ab.

- (2) Lies von der Nulllinie aus senkrecht nach unten bis zum Ende des Windvektors die Längswindkomponente ab.

Beispiel 1:

#### Gegenwind

Richtung der Landebahn 265° (rw), Windrichtung 330°/30 kt.

- (1) Stelle 330° unter die TRUE INDEX-Marke.
- (2) Stelle 0 der Quadrattteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
- (3) Trage nach unten den Windvektor mit 30 kt ab.
- (4) Stelle die Landebahnrichtung 265° unter die TRUE INDEX-Marke.
- (5) Lies von der Nulllinie des Diagramms aus entlang der Horizontalinie durch den Endpunkt des Windvektors die Seitenwindkomponente mit 27 kt ab. (Abb. 56)

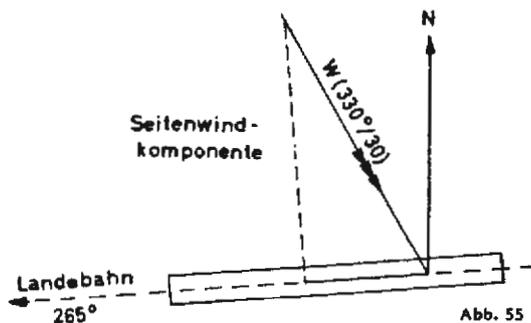


Abb. 55

- (6) Lies die Gegenwindkomponente von der horizontalen Nulllinie aus als vertikalen Abstand bis zum Endpunkt des Windvektors mit 13 kt ab. (Abb. 56)

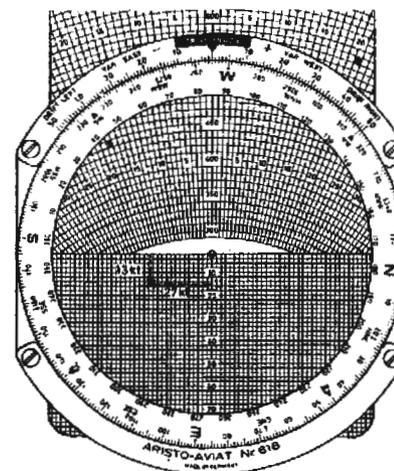


Abb. 56

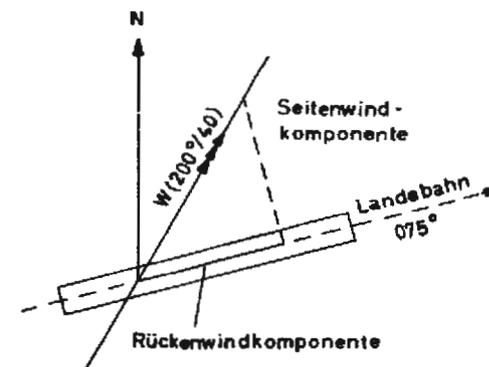


Abb. 57

Beispiel 2:

#### Rückenwind

Richtung der Landebahn 075°  
Wind 200°/40 kt (Abb. 57)

- (1) Stelle 200 unter die TRUE INDEX-Marke.
- (2) Stelle 0 der Quadrattteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
- (3) Trage den Windvektor mit 40 kt nach unten ab.
- (4) Stelle die Landebahnrichtung 75° unter die Marke TRUE INDEX.
- (5) Schiebe die Nulllinie unter den Endpunkt des Windvektors und zähle die Seitenwindkomponente mit 33 kt vom Nullpunkt des Quadratnetzes nach links ab.
- (6) Lies die Rückenwindkomponente auf der Mittelachse unter dem Mittelpunkt der Zeichenfläche mit 23 kt ab.

### 11.19 Berechnung der Abdrift aus der Querwindkomponente $V_n$ oder der seitlichen Windversetzung $Z_n$ (Barometrische Navigation, vgl. Kap. 8)

Bekannt:  $V_e$ ,  $V_g$  und  $V_n$

Gesucht: Abdrift

Zeichnerische Lösung:

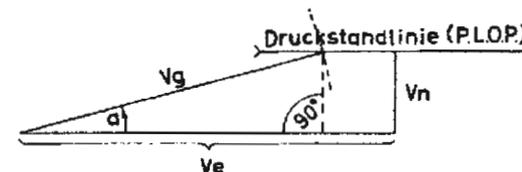


Abb. 58

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

- (a) Stelle eine der vier Haupthimmelsrichtungen (z. B. N) unter die Marke TRUE INDEX und trage längs der Nulllinie den  $V_n$ -Vektor vom Mittelpunkt aus nach oben oder unten ab.
- (b) Stelle eine um 90° verschiedene Haupthimmelsrichtung (z. B. E) unter die Marke TRUE INDEX und die  $V_g$  auf dem Diagrammschieber unter den Endpunkt des  $V_n$ -Vektors.
- (c) Lies unter dem Endpunkt des  $V_n$ -Vektors die Abdrift ab.

Beispiel 1:

Gegeben:  $V_n = 29$  kt nach rechts

$V_g = 205$  kt

Gesucht:  $\alpha$

Ergebnis: Abdrift + 8°

Beispiel 2:

Gegeben: seitliche Windversetzung  $Z_n = 34$  NM nach rechts

$V_g = 210$  kt, Zwischenflugzeit zwischen den D-Messungen 90 min

Gesucht: Abtrift  $\alpha$

Zunächst wird mit der Grundgeschwindigkeit die in der Zwischenflugzeit zurückgelegte Entfernung zwischen den Meßorten mit 315 NM bestimmt (vgl. Kap. 6.23).

Dann wird die Abtrift in der oben beschriebenen Weise ermittelt, wobei anstelle von  $V_g$  die Entfernung 315 NM tritt.

Ergebnis: Abtrift  $+ 6^\circ$

### 11.2 Berechnung der Abweitung

Die Abweitung ist der Abstand in Seemeilen zwischen zwei Meridianen auf einem Breitengrad. Die Näherungsformel zur Berechnung der Abweitung lautet:

$$\text{Abweitung} = \text{Längenunterschied} \cdot \cos \text{Breite}$$

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

- Drehe N unter die Marke TRUE INDEX.
- Stelle die horizontale Nulllinie des Quadratnetzes unter die Mitte der Zeichenfläche.
- Trage in geeignetem Maßstab den Längenunterschied in Minuten vom Mittelpunkt aus horizontal nach links ab.
- Drehe die Breite unter die Marke TRUE INDEX.
- Der horizontale Abstand des Endpunktes der dem Längenunterschied entsprechenden Strecke von der Mittelachse des Diagrammschiebers ergibt in dem unter (c) gewählten Maßstab die Abweitung in Seemeilen.

Beispiel:

Wie groß ist die Abweitung zwischen  $5^\circ$  E und  $6^\circ$  E auf  $54^\circ$  nördlicher Breite?

Längenunterschied  $1^\circ = 60'$

Ergebnis: 35 sm

### 11.3 Berechnung der Großkreisbeschickung

Die Näherungsformel zur Berechnung der Großkreisbeschickung lautet:

$$u = 1/2 \text{ Längenunterschied} \cdot \sin \text{Mittelbreite}$$

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

- Stelle N unter die Marke TRUE INDEX.
- Stelle die horizontale Nulllinie des Quadratnetzes unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
- Trage vom Mittelpunkt nach links in geeignetem Maßstab (z. B. Seitenlänge eines stark ausgezogenen Quadrates  $= 1^\circ$  Längenunterschied) den halben Längenunterschied ab.
- Stelle die Mittelbreite unter die Marke TRUE INDEX.
- Lies in dem unter (c) gewählten Maßstab die Großkreisbeschickung  $u$  als Abstand des markierten Punktes von der Nulllinie ab.

Beispiel:

Standort des Senders  $51^\circ$  N  $8^\circ$  W

Koppelort des Flugzeuges  $53^\circ$  N  $4^\circ$  E

Längenunterschied  $12^\circ$  (halber Längenunterschied  $6^\circ$ )

Mittelbreite  $52^\circ$

- Einstellung:
- Stelle N unter die TRUE INDEX-Marke.
  - Stelle die horizontale Nulllinie der Quadrateinteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
  - Trage nach links entlang der Horizontallinie 6 Quadrateinheiten ab.
  - Stelle  $52^\circ$  unter die Marke TRUE INDEX.

Ablesung: Lies die Großkreisbeschickung  $4,7^\circ$  als Länge der Senkrechten vom Endpunkt der unter Ziff. (3) abgetragenen Strecke bis zur Nulllinie des Quadratnetzes ab. Die Skaleneinteilung auf der Mittellinie erleichtert die Ablesung.

## 12. Rechnerische Lösung von Dreiecksaufgaben mit dem ARISTO-AVIAT 610 und 615

Mit Hilfe der auf der Rückseite des Rechners aufgetragenen, mit SPEED und  $\sin$  bezeichneten Skalen lassen sich Dreiecksaufgaben auf der Grundlage des Sinussatzes lösen.

Der Sinussatz der ebenen Trigonometrie lautet:

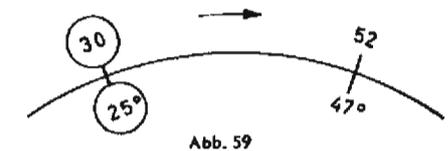
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

### 12.1 Lösung allgemeiner Dreiecksaufgaben

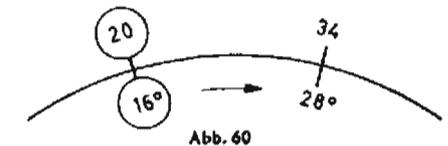
Einstellung: Stelle den bekannten Winkel auf der Sinusskala (s) unter die im Dreieck gegenüberliegende bekannte Seite auf der Geschwindigkeitsskala (r).

Ablesung: Lies auf der Außenskala (r) die gesuchte Seite über dem im Dreieck gegenüberliegenden bekannten Winkel auf der Sinusskala oder auf der Sinusskala den gesuchten Winkel zu der im Dreieck gegenüberliegenden (bekannten) Seite auf dem Außenring ab.

Beispiel 1:  $a = 30$  cm  
 $\alpha = 25^\circ$   
 $b = 52$  cm  
 Gesucht: Winkel  $\beta$   
 Ergebnis: Winkel  $\beta = 47^\circ$

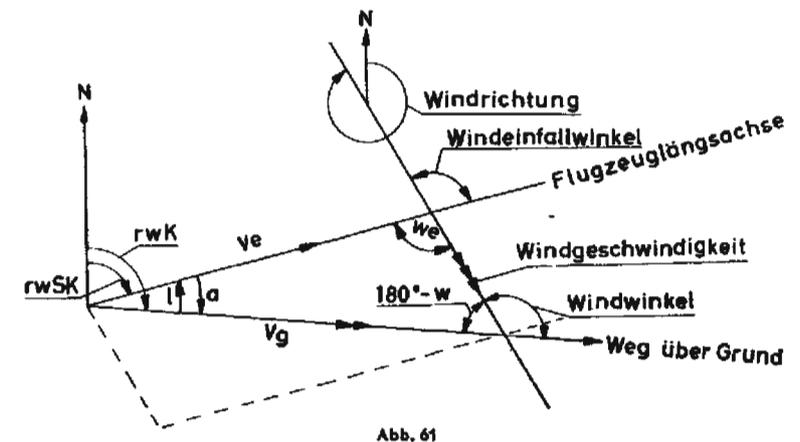


Beispiel 2:  $b = 20$  cm  
 $\beta = 16^\circ$   
 $\gamma = 28^\circ$   
 Gesucht: Seite  $c$   
 Ergebnis:  $c = 34$  cm



### 12.2 Winddreiecksaufgaben

#### 12.21 Das Winddreieck



Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition|greis - www.edition-greis.de

Das Winddreieck ergibt sich aus der vektoriellen Zusammensetzung der Geschwindigkeiten, und zwar der Eigengeschwindigkeit in Richtung der Flugzeuglängsachse und der Windgeschwindigkeit in Windrichtung. Die Resultierende daraus ist die Grundgeschwindigkeit in Richtung des Kurses über Grund.

Wenn das Flugzeug durch den Wind in bezug auf die Richtung der Flugzeuglängsachse nach rechts versetzt wird, dann erhält die Abtrift das Vorzeichen „plus“, bei Versetzung nach links das Vorzeichen „minus“.

Wenn die Flugzeuglängsachse in bezug auf den Kurs über Grund nach rechts vorgehalten wird, erhält der Luvwinkel das Vorzeichen „plus“, bei Vorhalten nach links das Vorzeichen „minus“.

- Windeinfallwinkel = Windwinkel — Luvwinkel (oder Abtrift)
- Windwinkel = Windeinfallwinkel + Luvwinkel (oder Abtrift)
- Luvwinkel (oder Abtrift) = Unterschied zwischen Windwinkel und Windeinfallwinkel.

Zwischen den einzelnen Stücken des Winddreiecks lassen sich somit folgende Beziehungen herleiten:

$$\frac{V_w}{\sin l \text{ (oder } \sin a)} = \frac{V_e}{\sin w} = \frac{V_g}{\sin w_e}$$

### 12.22 Bestimmung des Luvwinkels und der Grundgeschwindigkeit

- Bekannt:** Rechtweisender Kurs (Kartenkurs bzw. beabsichtiger Kurs über Grund). Wind nach Richtung und Stärke, Eigengeschwindigkeit.
- Gesucht:** Luvwinkel und Grundgeschwindigkeit.
- Der Windwinkel läßt sich aus vorstehenden Werten entweder im Kopf oder mit Hilfe des ARISTO-AVIAT finden.
- Einstellung:** (a) Stelle über die Flugzeugmarke im Mittelfeld der Rückseite des AVIAT den rechtweisenden Kurs auf der blauen Gradrose ein. Drehe den Doppelzeiger über die Windrichtung auf der blauen Gradrose.
- Ableseung:** Lies unter dem Indexstrich den Windwinkel auf der schwarzen Innenskala ab, die von der Flugzeugmarke aus nach links und rechts von 0 bis 180° aufgetragen ist.
- Einstellung:** (b) Stelle den Windwinkel auf der blauen mit  $\sphericalangle$  sin gekennzeichneten Skala unter die Eigengeschwindigkeit auf der roten mit SPEED bezeichneten Skala.
- Ableseung:** Lies unter der Windgeschwindigkeit auf dem Außenring den Luvwinkel auf der  $\sphericalangle$  sin-Skala ab.
- Vorzeichenregel:** Wind von rechts — Luvwinkel plus  
Wind von links — Luvwinkel minus

Bilde den Windeinfallwinkel durch Subtraktion des Luvwinkels vom Windwinkel. Mit der Einstellung (b), die unverändert bleibt, lies auf dem Außenring die Grundgeschwindigkeit über dem Windeinfallwinkel auf der  $\sphericalangle$  sin-Skala ab.

- Beispiel:**
- Gegeben: rw K = 48°  
Wind = 350°/30 kt  
Windw. = 58°  
V<sub>e</sub> = 210 kt

Gesucht: l und V<sub>g</sub>

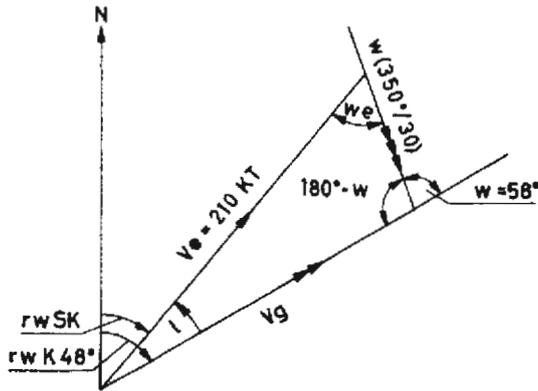


Abb. 62

Der Windwinkel 58° wird im Kopf oder mit Hilfe der Einstellung (a) ermittelt. Aus der Anwendung des Sinussatzes im Winddreieck der Abb. 62 ergibt sich die Einstellung (b) gemäß Abb. 63.

- Ergebnis: l = -7° (Wind von links)
- Windeinfallwinkel:  
58° - 7° = 51°
- V<sub>g</sub> = 192 kt



Abb. 63

### 12.23 Bestimmung des Windes aus Abtrift und Grundgeschwindigkeit

Wenn während des Fluges die Abtrift und die Grundgeschwindigkeit bestimmt werden können, läßt sich mit Hilfe des ARISTO-AVIAT 610 und 615 der Wind nach Richtung und Stärke errechnen. Bei dieser Aufgabe sind folgende Stücke des Winddreiecks bekannt:

- rechtweisender Steuerkurs rw SK
- Eigengeschwindigkeit V<sub>e</sub>
- Grundgeschwindigkeit V<sub>g</sub>
- Abtrift a

Wenn die gegebenen Stücke im Winddreieck aufgesucht werden, zeigt sich, daß keine der beiden Seiten V<sub>e</sub> und V<sub>g</sub> dem bekannten Winkel (Abtrift) gegenüberliegt. Damit entfällt eine unmittelbare Anwendung des Sinussatzes. Wie im Winddreieck wird auch auf dem ARISTO-AVIAT der Abtriftwinkel zwischen der Eigengeschwindigkeit und der Grundgeschwindigkeit eingeschlossen. Zur Lösung dieser Aufgabe muß daher die  $\sphericalangle$  sin-Skala so lange gedreht werden, bis der Gradbetrag der Abtrift zwischen der Eigengeschwindigkeit und der Grundgeschwindigkeit eingepaßt ist. Damit hat man wieder die normale Einstellung: es stehen sich Windgeschwindigkeit und Luvwinkel, Eigengeschwindigkeit und Windwinkel, Grundgeschwindigkeit und Windeinfallwinkel gegenüber. Aus dem Windeinfallwinkel und dem rw SK läßt sich dann die Windrichtung bestimmen.

Wenn bei derartigen Aufgaben die Grundgeschwindigkeit kleiner als die Eigengeschwindigkeit ist, hat der Windeinfallwinkel einen Wert unter 90°. Bei Rückenwind ist der Windeinfallwinkel größer als 90°; es muß also der stumpfe Winkel auf der  $\sphericalangle$  sin-Skala abgelesen werden.

Die Windrichtung wird wie folgt bestimmt:

- Einstellung:** Stelle den rw SK über der Flugzeugmarke im Mittelfeld der Rückseite des AVIAT ein und drehe den Doppelzeiger über den Windeinfallwinkel auf der schwarzen Innenskala — links von der Flugzeugmarke bei positiver Abtrift, rechts von der Flugzeugmarke bei negativer Abtrift.

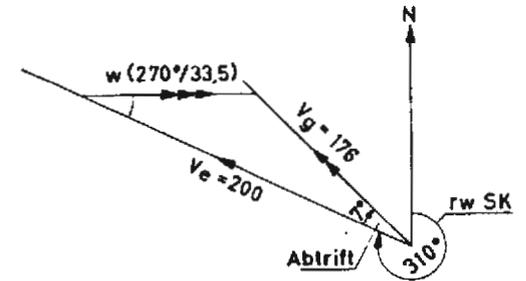


Abb. 64

- Ableseung:** Lies unter dem Indexstrich die Windrichtung auf der Gradrose ab.

- Beispiel 1:**
- Gegeben: rw SK = 310°  
V<sub>e</sub> = 200 kt  
V<sub>g</sub> = 176 kt  
a = +7°

Gesucht: Wind nach Richtung und Geschwindigkeit.

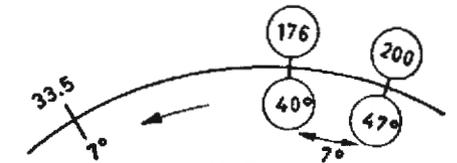


Abb. 65

$V_g$  kleiner als  $V_e$ : Windeinfallwinkel kleiner als  $90^\circ$ .  
 Abtrift  $\rightarrow$ : Wind von links.

**Einstell- und Ablesevorgang:**

1. Drehe die  $\rightarrow$  sin-Skala so lange, bis zwischen den Geschwindigkeiten 176 und 200 auf dem Außenring eine Winkeldifferenz von  $7^\circ$  auf der  $\rightarrow$  sin-Skala paßt. Dies trifft zu, wenn auf der  $\rightarrow$  sin-Skala  $40^\circ$  unter 176 auf dem Außenring und  $47^\circ$  unter 200 stehen.
2. Lies die Windstärke 33,5 kt auf dem Außenring über der Abtrift von  $7^\circ$  auf der  $\rightarrow$  sin-Skala ab.
3. Lies den Windeinfallwinkel auf der  $\rightarrow$  sin-Skala mit  $40^\circ$  unter der Grundgeschwindigkeit von 176 ab. (Der spitze Winkel wird abgelesen, weil der Wind von vorn kommt; Grundgeschwindigkeit kleiner als Eigengeschwindigkeit!)
4. Stelle den rwSK  $310^\circ$  über die Flugzeugmarke. Drehe den Doppelzeiger nach links (Wind von links!), bis der Indexstrich über  $40^\circ$  (Windeinfallwinkel) auf der schwarzen Innenskala zu stehen kommt. Lies dann unter dem Indexstrich auf der Gradrose die Windrichtung mit  $270^\circ$  ab (Abb. 66).

Ergebnis: Wind  $270^\circ/33,5$  kt

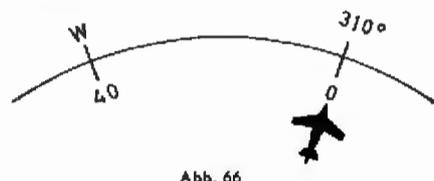


Abb. 66

**Beispiel 2:**

Gegeben:  $rw\ SK = 50^\circ$   
 $V_e = 190$  kt  
 $V_g = 218$  kt  
 $a = -5^\circ$

Gesucht: Wind  
 $V_g$  größer als  $V_e$ :  
 Windeinfallwinkel größer als  $90^\circ$   
 Abtrift „minus“:  
 Wind von rechts

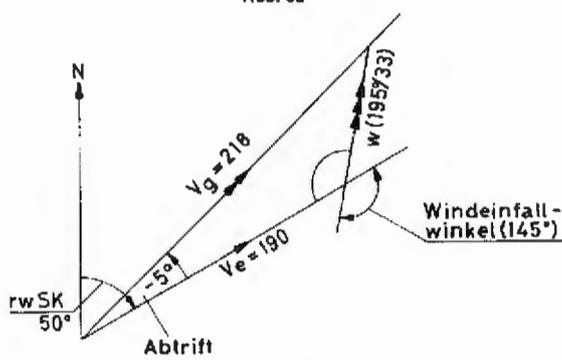


Abb. 67

Zur Lösung sind  $5^\circ$  zwischen den Geschwindigkeiten 190 und 218 einzupassen. (Es empfiehlt sich zur Erleichterung des Einpassens, den Indexstrich des Doppelzeigers über 218 zu stellen):

Ergebnis: Windstärke = 33 kt  
 Windeinfallwinkel =  $145^\circ$   
 Windrichtung =  $195^\circ$   
 Somit: Wind  $195^\circ/33$  kt

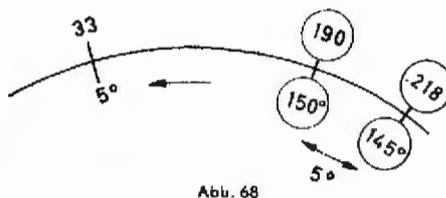


Abb. 68

**12.24 Berechnung von Abtrift und Grundgeschwindigkeit**

Bekannt:  $rw\ SK$   
 $V_e$   
 Wind  
 Gesucht:  $a$   
 $V_g$

In der Praxis hat die Lösung dieser Aufgabe (rechnerisches Mitkoppeln) mit dem Navigationsrechner wenig Bedeutung. Das gilt besonders, wenn mehrere rw. Steuerkurse nacheinander geflogen werden (z. B. beim Umfliegen eines Gewitters). In diesem Fall ist es einfacher, die ganze Aufgabe zeichnerisch in der Karte zu lösen, da die Ermittlung des Koppelortes ohnehin, d. h. auch bei Bestimmung von  $a$  und  $V_g$  mit dem Navigationsrechner, durch Eintragung von Kursen und Entfernungen in der Karte vorgenommen werden muß.

Bei der Lösung dieser Aufgabe mit dem ARISTO-AVIAT 610 und 615 läßt sich der Sinussatz ebenso wie bei der Windbestimmung aus  $a$  und  $V_g$  unmittelbar nicht anwenden, da der bekannte Winkel (Windeinfallwinkel) keiner der beiden bekannten Seiten (Eigengeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit) gegenüberliegt, sondern von diesen eingeschlossen wird. Zur Lösung muß der Gradwert des Windeinfallwinkels auf dem ARISTO-AVIAT zwischen Windgeschwindigkeit und Eigengeschwindigkeit eingepaßt werden. Wenn dies geschehen ist, liest man die Abtrift auf der  $\rightarrow$  sin-Skala unter der Windgeschwindigkeit auf dem Außenring und die Grundgeschwindigkeit über dem Windeinfallwinkel ab. Zum schnelleren Einpassen empfiehlt es sich, zunächst den Windeinfallwinkel über die Eigengeschwindigkeit zu stellen und dann den unter der Windgeschwindigkeit abgelesenen Gradwert zum Windeinfallwinkel zu addieren. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis der Gradwert des Windeinfallwinkels genau eingepaßt ist.

**Beispiel:**

Gegeben:  $rw\ SK = 120^\circ$   
 $V_e = 210$  kt  
 Wind  $250^\circ/26$  kt  
 (Windeinfallwinkel  $130^\circ$ )

Gesucht:  $a$  und  $V_g$

Einstellvorgang:  
 Der Windeinfallwinkel von  $130^\circ$  ist zwischen 26 (Windgeschwindigkeit) und 210 ( $V_e$ ) eingepaßt, wenn  $135^\circ$  unter 210 und  $5^\circ$  unter 26 stehen. Über  $130^\circ$  wird dann  $V_g$  mit 227 kt abgelesen.

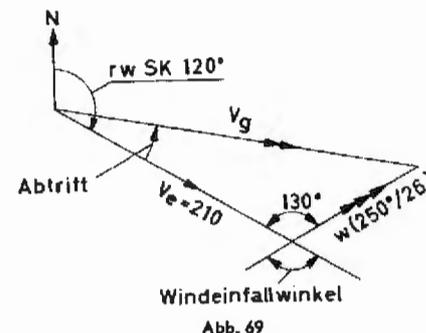


Abb. 69

Ergebnis:  $a = -5^\circ$  (Wind von rechts)  
 $V_g = 227$  kt

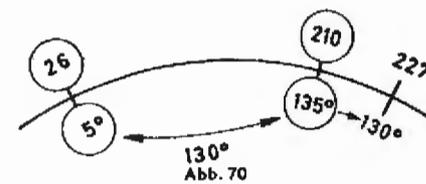


Abb. 70

**12.25 Berechnung der Seiten- und Längswindkomponente**

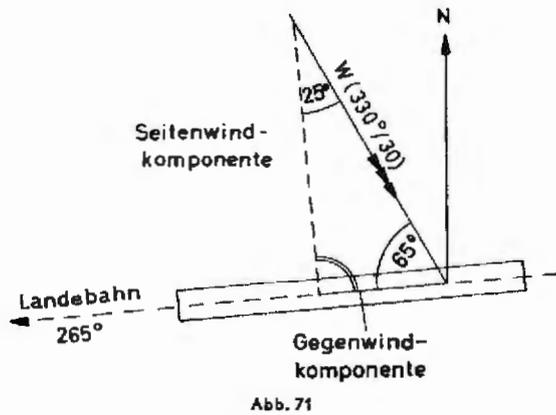
Für Start und Landung auf Landebahnen ist es in vielen Fällen von Wichtigkeit, die Seiten- und/oder die Längswindkomponente zu kennen. Zur Lösung auf dem ARISTO-AVIAT bestimmt man zunächst den Winkelunterschied zwischen der Windrichtung und der (rw.) Richtung der Landebahn.

Einstellung: Stelle  $90^\circ$  auf der  $\rightarrow$  sin-Skala unter die Windgeschwindigkeit auf dem Außenring.

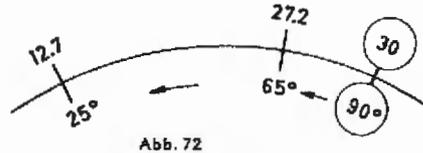
Ableseung: Lies über dem Winkelunterschied zwischen Windrichtung und Richtung der Landebahn auf der  $\rightarrow$  sin-Skala die Seitenwindkomponente auf dem Außenring bzw. über dem Komplement des Winkelunterschiedes die Gegenwindkomponente ab.

Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition|greis - www.edition-greis.de

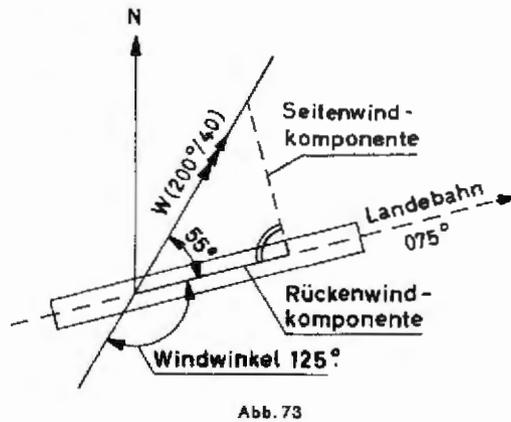
Beispiel 1:  
 Richtung der Landebahn 265° (rw.)  
 Windrichtung 330°/30 kt  
 Windwinkel 65° (Gegenwind!)  
 Komplement des Windwinkels 25°



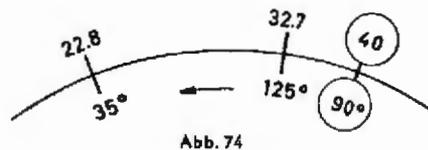
Ergebnis:  
 Seitenwindkomponente 27,2 kt  
 Gegenwindkomponente 12,7 kt



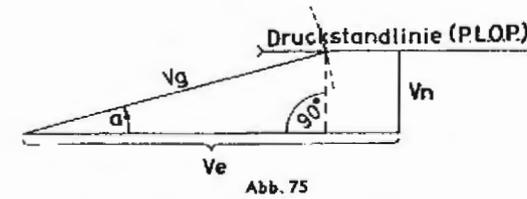
Beispiel 2:  
 Richtung der Landebahn 075°  
 Windrichtung 200°/40 kt  
 Windwinkel 125° (Rückenwind!)  
 Komplement des Windwinkels 35°



Ergebnis:  
 Seitenwindkomponente 32,7 kt  
 Rückenwindkomponente 23 kt



### 12.26 Berechnung der Abtrift aus der Querwindkomponente $V_n$ oder der seitlichen Windversetzung $Z_n$ (Barometrische Navigation, vgl. Kap. 8)



Bekannt:  $V_g$  und  $V_n$   
 Gesucht:  $a$

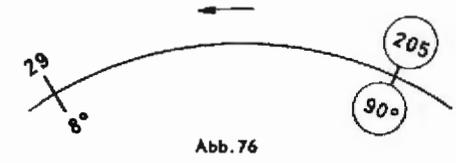
Wie aus Abb. 75 hervorgeht, läßt sich die Abtrift mit Hilfe der Sinusfunktion bestimmen.

$$\frac{V_g}{\sin 90^\circ} = \frac{V_n}{\sin a}$$

Beispiel 1:

Bekannt:  $V_n = +29$  kt  
 $V_g = 205$  kt

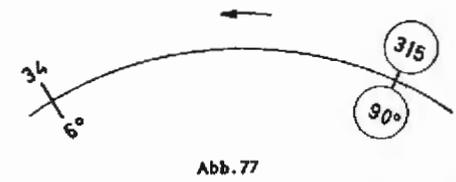
Gesucht:  $a$   
 Ergebnis: Abtrift  $+8^\circ$



Beispiel 2:

Bekannt: Seitliche Windversetzung  
 $Z_n = +34$  NM,  $V_g = 210$  kt  
 Zwischenflugzeit zwischen den  
 D-Messungen 90 min

Gesucht: Abtrift  $a$



Zunächst mit der Grundgeschwindigkeit die in der Zwischenflugzeit zurückgelegte Entfernung zwischen den Meßorten zu 315 NM bestimmen (s. Kap. 6.23), anschließend unter Anwendung des Sinussatzes die Abtrift berechnen.

Ergebnis: Abtrift  $+6^\circ$ .

### 12.3 Berechnung der Abweitung

Die Abweitung ist der Abstand in Seemeilen zwischen zwei Meridianen auf einem Breitenkreis. Die Näherungsformel zur Berechnung der Abweitung lautet:

Abweitung = Längenunterschied  $\Delta l$  · cos Breite  $\varphi$ ,

oder als Proportion:

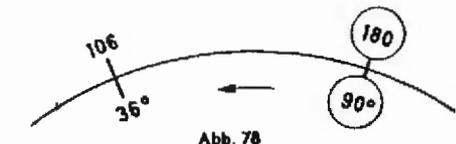
$$\frac{\text{Abweitung}}{\cos \varphi} = \frac{\Delta l}{1}$$

$$\frac{\text{Abweitung}}{\sin (90^\circ - \varphi)} = \frac{\Delta l}{\sin 90^\circ}$$

Beispiel: Wie groß ist die Abweitung zwischen  $5^\circ$  E und  $8^\circ$  E auf  $54^\circ$  nördlicher Breite?

Längenunterschied:  $\Delta l = 180'$   
 $90^\circ - \varphi = 90^\circ - 54^\circ = 36^\circ$

Ergebnis: 106 NM



### 12.4 Berechnung der Großkreisbeschickung

Die Näherungsformel zur Berechnung der Großkreisbeschickung lautet:

$$u = 1/2 \text{ Längenunterschied } \Delta l \cdot \sin \text{ Mittelbreite } \varphi,$$

oder als Proportion:  $\frac{1/2 \Delta l}{\sin 90^\circ} = \frac{u}{\sin \varphi}$

Beispiel: Standort des Senders 51° N 8° E  
 Koppelort des Flugzeuges 53° N 4° W  
 Längenunterschied 12° Mittelbreite 52°  
 1/2-Längenunterschied 6°

Ergebnis:  $u = 4,7^\circ$

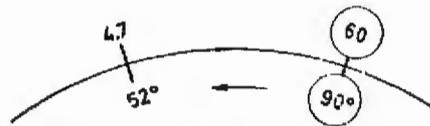


Abb. 79

### 12.5 Umwandlung von Peilungen

Bekannt: Seitenpeilung (p) und rw SK,

Gesucht: rechth. Peilung und Funkstandlinie,

Einstellung: Stelle den rwSK auf der Gradrose über die Flugzeugmarke. Drehe den Doppelzeiger über den Gradbetrag der Seitenpeilung auf der schwarzen Innenskala von 0° bis 360°.

Ablesung: Lies unter dem Indexstrich auf der Gradrose die rechth. Seitenpeilung und unter dem Indexstrich auf der anderen Seite des Doppelzeigers die Funkstandlinie ab.

Beispiel: p 234°  
 rw SK 078°

Einstellschema:

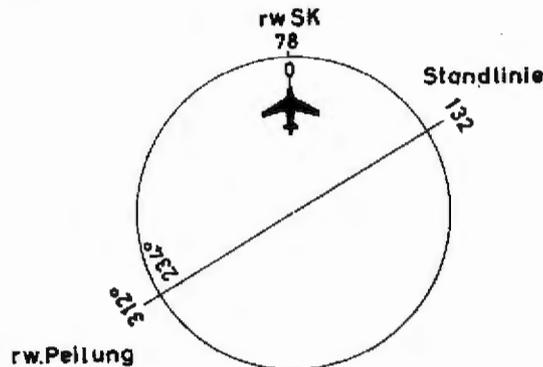


Abb. 80

Ergebnis: rechth. Peilung 312°  
 Funkstandlinie 132°

## 13. ARISTO-Kursdreieck 1557 mit Gradientwind-Diagramm

Das ARISTO-Kursdreieck 1557 ist speziell für Zwecke der barometrischen Navigation entwickelt worden. Sein Gradientwind-Diagramm ist für die Anwendung auf den international üblichen Wetter-Vorhersage-Karten 1 : 12,5 Mill. (Lambert-Conformal-Conic-Projection) mit 200 ft Isohypsenabstand konstruiert, kann aber auch für polständige stereographische Karten desselben Maßstabes verwendet werden.

Mit diesem Diagramm läßt sich in einfacher Weise der Wind nach Stärke und Richtung bestimmen und die Längswindkomponente ermitteln.

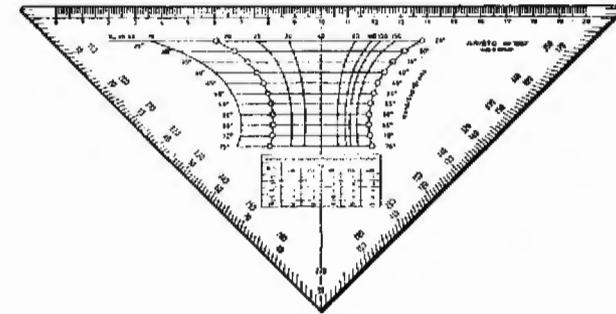


Abb. 81

### 13.1 Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Für die interessierende Zone in der Wetterkarte wird die mittlere geographische Breite abgelesen und das Dreieck so angelegt, daß die entsprechende Breitengradlinie des Diagramms durch den gewählten Ort geht, dabei die benachbarten Isohypsen senkrecht schneidet und die Bezugslinie (Bohrungen mit Breitengradbeschriftung) die rechte Nachbar-Isohypse berührt. Wo die Breitengradlinie die linke Nachbar-Isohypse schneidet, wird zwischen den gekrümmten Linien des Diagramms die Windgeschwindigkeit in Knoten abgelesen.

Der Wind umströmt ein Hochdruckgebiet im Uhrzeigersinn, ein Tiefdruckgebiet entgegen dem Uhrzeigersinn. Wenn das Gradientwinddiagramm in der oben beschriebenen Weise angelegt ist, gibt die 90°-Linie des Kursdreiecks die Windrichtung an. Das Kursdreieck kann parallel verschoben werden, bis der Schnittwinkel zwischen Meridian und Hypotenuse des Dreiecks ablesbar ist. Dieser Winkel braucht dann nur noch sinngemäß um 90° geändert zu werden, um den Gradbetrag der Windrichtung zu bestimmen.

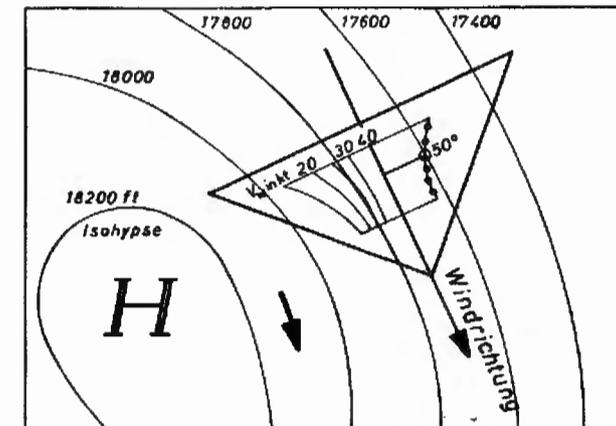


Abb. 82

### 13.2 Längswindkomponente

Diese beim Flugverfahren mit konstantem Luvwinkel (Single Heading) oft gestellte Aufgabe wird mit Hilfe der Durchbohrungen im Gradientwind-Diagramm gelöst. Zu einem Punkt der Kurslinie, der etwa in der Mitte der interessierenden Flugweg-Zone markiert ist und dessen geographische Breite in der Wetterkarte abzulesen ist, wird die 90°-Linie des Kursdreiecks so mit dem Kurs zur Deckung gebracht, daß die entsprechende Breitengradlinie durch den ausgewählten Punkt der Kurslinie geht. Der Einfachheit halber ist es praktisch, mit den abge-

rundeten Breitengraden zu arbeiten, die auf dem Diagramm vermerkt sind. Dann werden nach dem Anlegen nur die auf der jeweiligen Breitengradlinie durch Bohrungen vorgegebenen Punkte markiert.

An diesen Markierungen rechts und links des Flugweges lassen sich die Höhenwerte zwischen den Isohypsen der Wetterkarte interpolieren.

Die Differenz der zwei Höhenwerte wird gebildet und durch 10 geteilt. Damit erhält man für die betreffende Zone die Längswindkomponente (Gegen- oder Rückenwindkomponente) in Knoten.

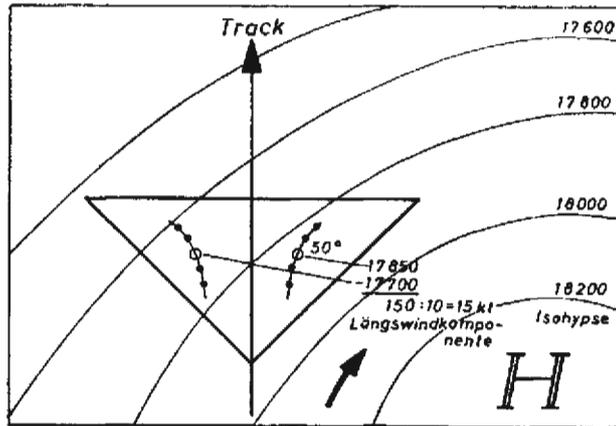


Abb. 83

#### 14. Begriffsbestimmungen

Zur Erläuterung der in dieser Anleitung vorkommenden Fachausdrücke und vor allem zur Gegenüberstellung mit den im englisch-amerikanischen Schrifttum geläufigen Bezeichnungen sind die wichtigsten Begriffe noch einmal alphabetisch zusammengestellt.

##### Abtrieb (Drift)

ist der Winkelunterschied zwischen dem Steuerkurs (Heading — Richtung der Flugzeuglängsachse) und dem Kurs über Grund (Track Made Good — Richtung des Flugweges).

##### Barometrische Navigation (Pressure Pattern Navigation)

Navigationsverfahren auf der Grundlage der Luftdruckverteilung längs des Flugweges. Sie beruhen auf der aus der geostrophischen Windformel hergeleiteten Möglichkeit, die Querwindkomponente (Beam Wind Component) ( $V_n$ ) oder die seitliche Windversetzung (Beam Displacement) ( $Z_n$ ) quer zum Steuerkurs durch Vergleich der absoluten Höhe (Absolute Altitude) mit der Druckhöhe (Pressure Altitude) an zwei Meßorten zu bestimmen.

##### D-Wert (D-Value)

Der Unterschied zwischen der absoluten Höhe und der Druckhöhe ist der D-Wert (D-Value). Im Fluge werden die D-Werte durch Vergleich der Anzeige des Funkhöhenmessers (Radio Altimeter) mit der Anzeige des barometrischen Höhenmessers (Pressure Altimeter) bestimmt.

##### Geschwindigkeiten

a) **Fahrtmesseranzeige** (Indicated Airspeed — I.A.S.) ist die am Fahrtmesser abgelesene Geschwindigkeit.

**Berichtigte Fahrtmesseranzeige** berücksichtigt den mechanischen Fehler des Fahrtmessers (Instrument Error) sowie die Fehler, die durch die Strömungsverhältnisse in der

Umgebung des Stauohrs (Position- bzw. Altitude Error) hervorgerufen werden. Durch Anbringung der Berichtigung erhält man die **Berichtigte Fahrtmesseranzeige** (Reclified Airspeed — R. A. S. oder Calibrated Airspeed — C. A. S.).

b) **Wahre Eigengeschwindigkeit** (True Airspeed — T. A. S.) ist die Relativgeschwindigkeit des Flugzeuges gegenüber der umgebenden Luft. Sie wird aus der berichtigten Fahrtmesseranzeige durch Anbringung der Dichteberichtigung (Höhen- und Temperaturberichtigung) bestimmt.

c) **Effektive Eigengeschwindigkeit** (Effective True Airspeed — E. T. A. S.) wird in der barometrischen Navigation zur Berechnung der seitlichen Windversetzung ( $Z_n$ ) gebraucht, wenn zwischen den beiden Vergleichsmessungen der Kurs geändert worden ist. Man ermittelt die direkte Entfernung (Effective Air Distance — E. A. D.) zwischen dem Koppelort bei der ersten Höhenvergleichsmessung und dem Koppelort ohne Wind („Air Position“) bei der zweiten Höhenvergleichsmessung und bestimmt daraus unter Zugrundelegen der Zwischenflugzeit die effektive Eigengeschwindigkeit.

d) **Grundgeschwindigkeit** (Ground Speed) ist die in der Zeiteinheit 1 Stunde zurückgelegte Entfernung über Grund.

##### Gradientwind

Der aus der Richtung und dem Abstand der Isohypsen in Höhenwetterkarten abgeleitete Wind.

##### Höhen

a) **Absolute Höhe** (Absolute Altitude) ist die tatsächliche Höhe des Flugzeuges über dem überflogenen Gelände.

b) **Dichtehöhe** (Density Altitude) ist die Höhe in der Standard-Atmosphäre, die der im Flugniveau herrschenden Luftdichte entspricht.

c) **Druckhöhe** (Pressure Altitude) ist die Höhe in der Standard-Atmosphäre, die dem im Flugniveau herrschenden Luftdruck entspricht. Sie wird am barometrischen Höhenmesser abgelesen, wenn an der Luftdruckunterskala (subscale) der Standarddruck 1013 mb bzw. 29.92 ins. eingestellt ist.

d) **QNH-Höhe** (QNH Altitude) ist die Höhe, die ein Höhenmesser anzeigt, wenn an der Luftdruck-Unterskala (subscale) der QNH-Wert eingestellt wird.

e) **Wahre Höhe** (True Altitude) ist die Höhe über einem festgelegten Bezugsniveau (zumeist Meeresspiegel — NN; Above Mean Sea Level — A. M. S. L.).

##### Isohypsen

Linien gleicher Höhe einer Druckfläche (z. B. der 500 oder 700 mb Fläche), die in Höhenwetterkarten zur Darstellung der Neigung einer solchen druckgleichen Fläche benutzt werden (vergleichbar mit den Höhenlinien in topographischen Karten).

##### Kompressibilität (Compressibility)

Die durch die Zusammendrückbarkeit der Luft bedingte zu hohe Fahrtmesseranzeige nimmt erst bei Geschwindigkeiten von über 200 kt bzw. rd. 400 km/h Werte an, die eine Berichtigung (Kompressibilitätsberichtigung) notwendig machen.

##### Kurse

a) **Rechtweisender Kurs** (rw K — True Track, T. T., in den USA: True Course, T. C.) ist der Winkel zwischen rechtweisend Nord (True North) und der Flugrichtung über Grund; er wird bei der Flugvorbereitung auch als **Kartenkurs** (Required Track) und bei der Flugdurchführung als **Kurs über Grund** (Track Made Good, T. M. G.) bezeichnet.

**b) Rechtweisender Steuerkurs (rw SK — True Heading, T. H.)** Ist der Winkel zwischen rechtweisend Nord und der Richtung der Flugzeuglängsachse (frühere Bezeichnung: rw. Windkurs). Der Winkelunterschied zwischen rw K und rw SK ist der Luvwinkel bzw. die Abtrift.

**c) Mißweisender Steuerkurs (mw SK — Magnetic Heading, M. H.)** ist der Winkel zwischen mißweisend Nord (Magnetic North) und der Flugzeuglängsachse. Der Winkelunterschied zwischen rw SK und mw SK wird durch die Ortsmißweisung (Variation) hervorgerufen.

**d) Kompaßkurs (KK — Compass Heading, C. H.)** ist der Winkel zwischen Kompaß-Nord und der Flugzeuglängsachse. Der Winkelunterschied zwischen mw SK und KK wird durch Störfelder am Kompaßort (Deviation) hervorgerufen.

### Längswindkomponente

Der in Flugrichtung wirkende Anteil der Windgeschwindigkeit.

### Luvwinkel (Wind Correction Angle, W. C. A.)

Luvwinkel ist der Winkel zwischen der Richtung des beabsichtigten Kurses über Grund (rechtw. Kurs bzw. Kartenkurs) und der Richtung der Flugzeuglängsachse. Im gleichen Winddreieck ist der Luvwinkel größtenteils mit der Abtrift und unterscheidet sich von dieser nur durch das Vorzeichen.

### Machzahl (Mach Number)

Gibt das Verhältnis von Eigengeschwindigkeit zur jeweiligen Schallgeschwindigkeit an.

$$\text{Machzahl} = \frac{V_e}{c_s} \left( \frac{\text{T. A. S.}}{\text{speed of sound}} \right)$$

### Windwinkel (w) (Wind Angle)

Windwinkel ist der Winkel zwischen der Herkunft-Richtung des Windes und der Richtung des Flugweges über Grund (rechtweisender Kurs).

### Windeinfallwinkel (we) (Relative Wind Angle)

Windeinfallwinkel ist der Winkel zwischen der Herkunft-Richtung des Windes und der Richtung der Flugzeuglängsachse (rechtw. Steuerkurs).

### Seitliche Windversetzung (Z<sub>n</sub> — Beam Displacement)

Als Strecke ausgedrückte Versetzung des Flugzeuges quer zur Flugzeuglängsachse zwischen zwei D-Wert-Messungen.

### Querwindkomponente (V<sub>n</sub> — Beam Wind Component)

Der rechtwinklig zur Flugzeuglängsachse wirkende Anteil der Windgeschwindigkeit.

## 15. Behandlung und Justierung des ARISTO-AVIAT

Dieses Rechengerät ist eine wertvolle Navigationshilfe und verdient eine pflegliche Behandlung. Die Skalen sollen vor Verschmutzung und vor Kratzern geschützt werden, damit die Ablesegenauigkeit nicht beeinträchtigt wird. Verschmutzungen unter den Drehzeigern oder unter den transparenten Scheiben werden am einfachsten durch Unterschieben eines Papierstreifens oder Stofflappens entfernt. Wenn diese Methode nicht zum Ziele führt, können die Rechenscheiben auch auseinandergenommen werden, was aber wegen der damit verbundenen Justierarbeit beim Zusammensetzen zeitraubend ist.

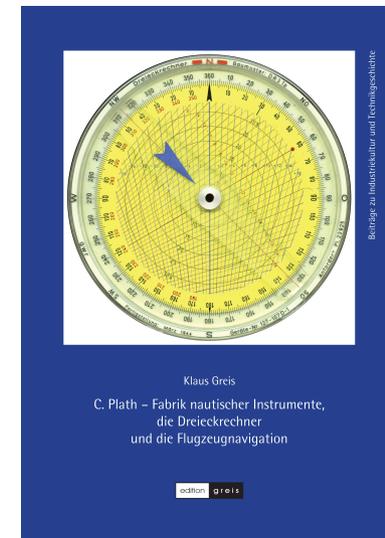
Für den Fall, daß die Kursrose auf der Rückseite der Rechner 613, 617 und 618 beim Drehen klemmt oder zu großes Spiel hat, kann eine Justierung nach Lockerung der vier Schrauben vorgenommen werden.

Der ARISTO-AVIAT ist vor Lagerung an heißen Plätzen, vor allem vor direkter Sonnenbestrahlung in der Flugzeugkanzel zu schützen, da bei Temperaturen über 60° C Verformungen auftreten. Für solcherart beschädigte Rechenscheiben kann kein Ersatz geleistet werden.

Mit freundlicher Empfehlung des Verlages edition|greis – www.edition-greis.de

Die historischen Vorgänger der AVIAT-Rechenscheiben, die berühmten *Dreieckrechner System Knemeyer*, sind ausführlich beschrieben in dem Buch

**C. Plath – Fabrik nautischer Instrumente, die Dreieckrechner und die Flugzeugnavigation.**



Nähere Informationen finden Sie auf unserer Website  
www.edition-greis.de