

# Die Anwendung der astronomischen Navigation unter Benutzung des Taschenrechners

## Inhaltsverzeichnis

- 1.) Umfang der astronomischen Navigation und Anwendung der mathematischen Beziehungen für den Taschenrechner
- 2.) Überblick über die astronomischen angewandten Orts- und Standlinienbestimmungen
- 3.) Überblick die Dokumentation zur Sicherstellung der astronomischen Navigation
- 4.) Berechnungsschema bei Anwendung des Taschenrechners
- 5.) Überblick über Umfang der Messgeräte und ihrer Kontrolle
- 6.) Abkürzungen in der astronomischen Navigation
- 7.) Überblick über die Rechenschritte zur Lösung von Teilaufgaben in der astronomischen Navigation:
  1. Feststellen der Beobachtungszeit
  2. Feststellen von Ausgangsdaten
  3. Berechnen des Stundenwinkels ( $t_E, t_W$ )
  4. Berechnen der Deklination ( $\delta$ )
  5. Berechnen des Ortstundenwinkels (OSW) und der Deklination ( $\delta$ ) bei Fixsternen
- 8.) Überblick über das Errechnen von Beschickungswerten der scheinbaren Höhe ( $h_s$ ) zur beobachteten Höhe ( $h_r$ )
- 9.) Berechnen von Kulminationszeiten und Auf- und Untergangzeiten der Gestirne.
- 10.) Aufgaben und Beispiele aus der Praxis für die Praxis
- 11.) Anwendungsbeispiele und Anwendungsgrundlagen des Taschenrechners in der astronomischen Navigation.
  1. Grundlagen der Anwendung des Rechners in der Navigation
  2. Funktionsrechnungen, Brauchbarmachung von Formeln für den Taschenrechner
  3. Rechnen mit Koordinaten und Uhrzeiten
  5. Berechnen der Indexberichtigung (Ib) des Sextanten nach dem Radius der Sonne
  6. Berechnen der Höhe (h) der Gestirne
  7. Berechnen des Azimuts (Az) von Gestirnen
  8. Gesamtschema zum Berechnen von h und Az von Gestirnen
  9. Kompasskontrolle beim wahren Auf- und Untergang
  10. Kompasskontrolle Errechnen des Az ohne das Argument von  $h_r$

## **Vorkenntnisse**

### **Trigonometrische Funktionen für die Anwendung des Taschenrechners**

<b>Funktion</b>	<b>Abkürzung</b>	<b>Taste</b>
Umwandlung Dezimalzahl in Sexagesimalzahl		[° ‘ ‘‘] [SHIFT]
Sinusfunktion	sin	[sin] [SHIFT]
Kosinusfunktion	cos	[cos] [SHIFT]
Tangensfunktion	tan	[tan] [SHIFT]
Kosekansfunktion, Kehrwert des Sinus	cosec (csc)	[sin] [1/x]
Sekansfunktion (Kehrwert des Kosinus)	sec	[cos] [1/x]
Kotangesfunktion (Kehrwert des Tangens)	cot	[tan] [1/x]

# 1. Umfang der astronomischen Navigation und die mathematischen Beziehungen zur Anwendung für den Taschenrechner

## 1.1. Standlinienbestimmung nach der Höhengleiche

### 1.1.1. Erstes Formelsystem

1.1.1.1 Berechnung der Höhe

(Formel 1)

$$\sin h_r = \frac{\cos \delta \cdot \cos t}{\tan \varphi} \pm \sin \delta \cdot \sin \varphi$$

ist  $\delta$  gleichnamig  $\varphi$ , ist das Vorzeichen (+) zu verwenden  
ist  $\delta$  ungleichnamig  $\varphi$ , ist das Vorzeichen (-) zu verwenden

1.1.1.2. Berechnung des Azimuts (halbkreisig)

(Formel 2)

$$\cos Az = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi \cdot \sin h_r} \pm \tan \varphi \cdot \tan h_r$$

ist  $\delta$  ungleichnamig  $\varphi$ , ist das Vorzeichen (+) zu verwenden  
ist  $\delta$  gleichnamig  $\varphi$ , ist das Vorzeichen (-) zu verwenden

### 1.1.2. Zweites Formelsystem

1.1.2.1. Berechnung der Höhe

(Formel 3)

$$\sin h_r = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$$

ist  $\delta$  bzw.  $\varphi$  Nord, ist das Vorzeichen (+) zu verwenden  
ist  $\delta$  bzw.  $\varphi$  Süd, ist das Vorzeichen (-) zu verwenden  
ist t E, ist das Vorzeichen (+) zu verwenden  
ist t W, ist das Vorzeichen (-) zu verwenden

1.1.2.2. Berechnung des Azimutes über Ortstundenwinkel und Höhe

(Formel 4)

$$\sin Az = \frac{\cos \delta \cdot \sin t}{\cos h_r} \quad \text{Az ist vierteskreisig}$$

ist  $\delta$  bzw.  $\varphi$  Nord, ist das Vorzeichen (+) zu verwenden  
ist  $\delta$  bzw.  $\varphi$  Süd, ist das Vorzeichen (-) zu verwenden  
ist t E, ist das Vorzeichen (+) zu verwenden  
ist t W, ist das Vorzeichen (-) zu verwenden

### 1.1.3. Drittes Formelsystem

1.1.3.1. Berechnung der Höhe und des Azimutes (viertelkreisig)

(Formel 5)

$$\cot x = \cot \delta \cdot \cos t$$

$$y = (90^\circ - \varphi) \pm x$$

$$\cot Az = \frac{\cot t \cdot \cos y}{\cos x}$$

$$\cot h_r = \frac{\cot y}{\cos Az}$$

Berechnung von y: ist  $\varphi$  mit  $\delta$  gleichnamig (+); ist  $\varphi$  mit  $\delta$  ungleichnamig (-)

## 1.2. Errechnung des Zeitazimuts des Gestirns

1.2.1. Berechnung des Azimuts

(Formel 6)

$$\tan Az = \left( \frac{\sin \varphi}{\tan t} \pm \frac{\tan \delta \cdot \cos \varphi}{\sin t} \right)^{-1}$$

ist  $\delta$  ungleichnamig  $\varphi$ , ist das Vorzeichen (+) zu verwenden  
ist  $\delta$  gleichnamig  $\varphi$ , ist das Vorzeichen (-) zu verwenden

12.2. Berechnung des Azimuts über den Ortsstundenwinkel

(Formel 7)

$$\tan Az = \frac{\sin t}{\sin \varphi \cdot \cos t - \tan \delta \cdot \cos \varphi}$$

	<u>wenn OSW &lt; 180°</u>	<u>wenn OSW &gt; 180°</u>
Az < 0	rwAz = Az + 360°	rwAz = Az + 360°
Az > 0	rwAz = Az + 180°	rwAz = Az

12.3. Berechnung des Azimuts über die Höhe

(Formel 8)

$$\cos Az = \frac{\sin \delta - \sin h \cdot \sin \varphi}{\cos h \cdot \cos \varphi}$$

	bei t <sub>E</sub> OSW > 180°	0° ≤ rwAz = Az	< 180°
	bei t <sub>W</sub> OSW < 180°	180° ≤ rwAz = 360° - Az	< 360°

1.3. Errechnung des Azimuts beim wahren Auf- bzw. Untergang des Gestirns

1.3.1. Berechnung des Azimuts

(Formel 9)

$$\cos Az = \sec \varphi \cdot \sin \delta$$

1.4. Bestimmung der Auf- und Untergangszeiten der Gestirne

1.4.1. Berechnen des halben Nachtbogens von Gestirnen

(Formel 10)

$$\cos t = -\tan \varphi \cdot \cos \delta$$

1.4.2. Berechnen des halben Tagbogens von Gestirnen

(Formel 11)

$$\cos t = \tan \varphi \cdot \cos \delta$$

1.5. Berechnen von h, φ und δ eines Gestirns zum Zeitpunkt der Kulmination

1.5.1. ist φ mit δ ungleichnamig, ist zu rechnen

(Formel 12)

$$z_0 = h + \delta$$

$$\delta = z_0 - h$$

$$h = z_0 - \delta$$

1.5.2. ist φ mit δ gleichnamig, ist zu rechnen

(Formel 13)

$$z_0 = h - \delta$$

$$\delta = h - z_0$$

$$h = z_0 + \delta$$

$$z_0 = \text{Zenitdistanz}$$

$$z_0 = 90^\circ - \varphi$$

$$\varphi = 90^\circ - z_0$$

1.6. Berechnen der Länge eines Ortes zum Zeitpunkt der Kulmination und zur Berechnung von Kulminationszeiten

Umrechnungen von Zeitmaß in Gradmaß und umgekehrt

(Formel 14)

$$\text{Grad} = \text{Uhrzeit} \cdot 15 \qquad \text{Uhrzeit} = \frac{\text{Grad}}{15}$$

Anwendbar bei:	Bogenmaß der Sonne	in Zeitmaß und umgekehrt
	Bogenmaß Planeten	in Zeitmaß und umgekehrt
	geografische Länge	in Zeitmaß und umgekehrt

Bei Umrechnungen Bogen- in Zeitmaß des Frühlingspunktes (Y) und des Mondes gilt das Schaltheft des Nautischen Jahrbuches (NJ) mit der jeweiligen Spalte.

### 1.7. Mathematische Beziehung zur Änderung der Höhe in Abhängigkeit von der Stundenwinkeländerung, der Breitenänderung und Azimutänderung

1.7.1 Mathematische Beziehung zur Änderung der Höhe

**(Formel 15)**

$$\Delta h = t \cdot \cos \varphi \cdot \sin Az$$

1.7.2. nach t (Ortsstundenwinkel) umgestellt und im Zeitmaß ausgedrückt:

**(Formel 16)**

$$\Delta t_{\min} = -\frac{\Delta h}{15} \cdot \sec \varphi \cdot \sec \delta \cdot \operatorname{cosec}$$

## 2.) Überblick über Standort- und Standlinienbestimmungen in der astronomischen Navigation

### 2.1. Die Höhengleiche

Prinzip: Ein festgelegter Ort in der Seekarte wird benutzt, um dafür die Höhe und das Azimut zu berechnen. Nach Messung des Kimmabstandes eines Gestirns wird die Messung mit der Rechnung verglichen. Der Unterschied ist der Unterschied im Standort.

Ablauf: Kimmabstand zum Gestirn mittels Sextant feststellen und zur beobachteten Höhe beschicken, dazu die Beobachtungszeit in UT-1 festhalten. Gestirnskoordinaten (Grt/ $\delta$ ) aus dem NJ für UT-1 entnehmen und mit Koppelort  $O_G$  den OSW ( $t_w$ ,  $t_E$ ) bestimmen. Die  $h_r$  und das Az lt. Formel I und 11 berechnen für den  $O_G$  und mit  $h_b$  vergleichen. Standlinie in Seekarte konstruieren.

### 2.2. Der Schiffsort aus der korrespondierenden Gestirnsbeobachtung während der Kulmination eines Gestirns

Prinzip: Während der Kulmination fällt das Nautische Grunddreieck als eine Linie zusammen. Somit ist die sphärische Strecke der Breite zusammengesetzt aus den Abschnitten der Höhe (h) und der Deklination ( $\delta$ ) (Breitenbestimmung). Aus der Differenz der wahren Ortszeit im Vergleich mit einer für einen Ort bekannten Kulminationszeit (Greenwicher Zeit für den Nullmeridian – UT-1 –) ergibt sich die Längenstimmung

Ablauf: Kulminationszeit für den  $O_g$  voraus berechnen. Feststellen der Zeiten in UT-1 gleicher Höhen vor und nach der Kulmination durch zweimaliges Messen der Kimmabstände vor und nach der Kulmination und beschicken dieser zur wahren h. Das Mittel der beiden Zeiten bilden und damit den wahren Mittag bestimmen. Zeitdifferenz zur Kulminationszeit im Nullmeridian ist in Grad umzurechnen und als Länge Ost oder West zu benennen.

Den höchsten Kimmabstand zur Kulminationszeit am  $O_g$  messen und zur wahren  $h_b$  beschicken, zur Kulminationzeit die  $\delta$  aus dem NJ entnehmen und die Breite nach *Formel VII* und *VIII* berechnen.

### 2.3. Bestimmung der geographischen Breite nach dem Nordstern

Prinzip: Der Nordstern steht unter Anbringen von Berichtigungen im Himmelsnordpol.

Die Zenit-Pol -Distanz ist somit gleich dem Breitenkomplement (nautisches Grunddreieck). Damit ist das Komplement des Kimmabstandes gleich der geographischen Breite.

Ablauf: Kimmabstand des Nordsterns in einer UT-1 feststellen und zur wahren  $h_b$  beschicken. Berichtigungen lt. NJ antragen und Breite errechnen.

## 2.4. Kompasskontrolle

Ablauf: Der Koppelort ist festzustellen. Mit UT-1 den OSW zu berechnen und die  $\delta$  aus dem NJ zu entnehmen. Das Azimut (Az) wurde in UT-1 gepeilt, in dem der Gestirnmittelpunkt anvisiert wurde.

Die rechnerische Auswertung lt. Formell III bzw. IV.

## 3. Überblick über den Umfang der Messgeräte und ihre Kontrolle

### 3.1. Chronometer

Kontrolle nach internationalen Zeitzeichen (Funkzeitdienst). Nachweis des Chronometerstandes im Chronometertagebuch. (Anm.: Heute kann auch durch GPS die Zeit bestimmt werden.)

### 3.2. Stoppuhr

Kontrolle nach Chronometer (Vergleich der Laufzeit der Sekundenanzeige mit der Laufzeit der Sekundenanzeige am Chronometer für 5 Minuten.)

### 3.3. Sextant

Bestimmung der Indexberichtigung und Kontrolle der Kipp- und Neigungsfehler nach der Sonne.

### 3.4. Kompass

Bestimmung von Kreisel-A (Kreiselkompass) bzw. der Ablenkung (Magnetkompass) nach Verfahren der terrestrischen und astronomischen Kompasskontrolle.

### 3.5. Regeln zur Genauigkeit astronomischer Standlinien

1. Eine falsche Höhenmessung um 1' bedeutet einen falschen Standort um 1 sm.
2. Eine falsche Zeitmessung von einer Sekunde bedeutet einen falschen Standort in der Länge von ca. 200 m auf der Breite  $54^\circ$  N/S, auf dem Äquator von ca. 500 m.
3. Bei Gleichsetzung der UTC mit der UT-1 kann bei Abweichung (DUT.1) um 0,07 Sekunden eine maximale Abweichung im Standort in der Länge von 325m am Äquator (das sind 188,7m auf  $54,5^\circ$  Breite) auftreten. Diese Abweichung kann jedoch niemals größer sein und tritt alle 200 Tage auf, wenn die DUT-1 am größten ist.

### 3.6. Regeln zur Umrechnung des Halb- bzw. Viertelkreisazimuts in das rechtweisendes Azimut

Zählweise:	viertelkreisig: $000^\circ$ bis $090^\circ$ von S oder N,	
	halbkreisig: $000^\circ$ bis $180^\circ$ von S oder N	
Beispiel:	rw-Az	viertelkreisiges Az
	$045^\circ$	N $045^\circ$ E
	$120^\circ$	S $060^\circ$ E
	$323^\circ$	E $037^\circ$ W
		halbkreisiges Az
		N $045^\circ$ E oder S $135^\circ$ E
		N $120^\circ$ E oder S $060^\circ$ E
		N $037^\circ$ W oder S $143^\circ$ W

Das halbkreisige Az wird gezählt vom oberen Meridian

ist N bei Breite N

ist S bei Breite S

zählt nach E bei  $t_E$

zählt nach W bei  $t_W$

zu beachten ist, ob der Ortsstundenwinkel größer oder kleiner  $180^\circ$  ist

Nordbreite:  $OSW > 180^\circ \rightarrow rwAz = Az$

$OSW < 180^\circ \rightarrow rwAz = 360^\circ - Az$

Südbreite:  $OSW > 180^\circ \rightarrow rwAz = 180^\circ - Az$

$OSW < 180^\circ \rightarrow rwAz = 180^\circ + Az$

## 4.) Überblick über die Dokumentation für die astronomische Navigation

### 4.1. Das Nautische Jahrbuch (NJ)

Zum Nachschlagen der Argumente: (nach Tag und voller Std der UT-1)

- Grt und  $\delta$  der Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn mit Angaben der stündlichen Änderung "Unt", "HP" und "T". Der Wert Gr gibt die Helligkeit an.
- Der Grt des Frühlingspunktes (Y) zum Berechnen der OSW der Fixsterne mit der Kulminationszeit "T", sowie der Sternenwinkel  $\beta$ .
- Grt und  $\delta$  der Sonne mit Angaben von "T", "Unt" und "r".
- Grt und  $\delta$  des Mondes mit Angaben (stündlich) von "Unt" und "HP", der Angaben der Kulminationszeit "T" und des Alters d.

### 4.2. Schaltkarten und Sternkarten zum NJ

Dieses Beiheft zum Nautischen Jahrbuch ist immer gültig und dient dem Nachschlagen der restlichen Minuten und Sekunden der UT-1.

- Nachschlagen der Argumente: Eingang mit Min-Sek. der UT-1
- Zuwachs zum Grt
- Verbesserung zum Wert "Unt"

### 4.3. Nautische Tafeln (von Rose bzw. FULS)

Sind anzuwenden bei Berechnungen ohne Taschenrechner

## 5. Abkürzungen in der astronomischen Navigation

a	Jahr
d	Tag
h	Stunde
min	Minute
s	Sekunde
00-06-56	Zeitangabe 00h 06min 56s
e	Zeitgleichung
ZU	Zeitzoneunterschied
$\lambda_Z$	Länge in Zeit
$Z_i\lambda$	Zeit in Länge
UTC	Weltzeit
UT-1	Weltzeit 1
DUT-1	Abweichung zwischen astronomischer Zeit und Atomzeit (UTC in UT-1)
MGZ	mittlere Greenwicher Zeit
WGZ	wahre Greenwicher Zeit
MOZ	mittlere Ortszeit
WOZ	wahre Ortszeit
Grt	Greenwicher Stundenwinkel
OSW	Ortstundenwinkel vollkreisig
t	Ortstundenwinkel halbkreisig
$t_E$	östlicher Stundenwinkel
$t_W$	westlicher Stundenwinkel
SW	Stundenwinkel
$\beta$	Sternstundenwinkel
Ka	Kimmabstand
$h_r$	Höhe berechnet
$h_b$	Höhe beobachtet
$h_s$	Höhe scheinbar (Ka)
$h'$	Höhe über dem scheinbaren Horizont

Az	Azimut
Az <sub>r</sub>	Azimutwinkel viertelkreisig
rw-Az	rechtweisendes Azimut
δ	Deklination
Δh	Höhendifferenz
Gb	Gesamtberichtigung
Kt	Kimmtiefe
Ka	Kimmaabstand
St-U	Stoppzeit
G	Chronometergang
St	Chronometerstand
Chr	Chronometerablesung
λ	geographische Länge
λ <sub>b</sub>	beobachtete Länge
λ <sub>g</sub>	gekoppelte Länge
φ	geographische Breite
φ <sub>b</sub>	beobachtete Breite
φ <sub>g</sub>	gekoppelte Breite
O <sub>b</sub>	beobachteter Ort
O <sub>g</sub>	Koppelort
NJ	Nautisches Jahrbuch
NT	Nautische Tafeln
P	Höhenparallaxe
HP	Horizonttalparallaxe
R	Refraktion
Ib	Indexberichtigung
Ah	Augenhöhe
Zuwachs	Zuwachs zum Grt, Verbesserung für Min Sek der UT-1
Unt	Wert zur Verbesserung des Grt bzw. zur Verbesserung der δ
b	Breitenkompliment
Δz	Zenitreduktion
KrK	Kreiselkompasskurs
KrP	Kreiselkompasspeilung
MgK	Magnetkompasskurs
MgP	Magnetkompasspeilung
SSP	Schiffsseitenpeilung (von voraus 000° bis 180° Bb. bzw. Stb.)
SP	Schiffspeilung (von voraus 000° bis 360° im Uhrzeigersinn)

## 6. Überblick über die zu lösenden Teilaufgaben in der astronomischen Navigation

### 6.1. Feststellen der Beobachtungszeit in UT-1

Voraussetzung ist die Gangbestimmung des Chronometers lt. intern. Funkzeitsignal

Beispiel:

1. Ablesen der Chronometerzeit(UTC) und gleichzeitiges

Datum: 15.03.2003

Drücken der Stoppuhr auf Betrieb

UTC = 08-51-00

2. Feststellen der Messwerte

- KrP oder MgP bei Azimutkontrolle
- Kimmaabstand zum Gestirn Höhenmessung

Nach Wertefeststellung drücke die Stoppuhr auf Stopp

St-U = 00-01-12

3. Herausnehmen des Chronometerstandes aus dem Chronometertagebuch

St = 00-00-42 (-)

4. algebraisches Addieren der Zeiten

$$\underline{\underline{UTC = 08-51-30}}$$

5. Umrechnen UTC in UT-1

Da die Differenzen niemals über 0,07s kommt (/DUT-1), kann die UTC gleich der UT-1 gesetzt werden.

$$\underline{\underline{UT-1 = 08-51-30}}$$

Soll mit maximaler Genauigkeit gearbeitet werden, so muss die DUT-1 lt. Zeitzeichen aus dem Funkdienst bestimmt werden. Die UT-1 ist dann die  $UTC \pm DUT-1$

### 6.2. Feststellen weiterer Ausgangsdaten

1. Die Augenhöhe wird bestimmt von der Wasseroberfläche bis

zur Augenhöhe des Beobachters in Meter  $Ah = 8,00m$

2. Indexberichtigung des Sextanten  $Ib = + 1,5'$

Koppelort (15.03.2003 um 08.51 Uhr)

$$\varphi_g = 54^\circ 40' N$$

$$\lambda_g = 014^\circ 30' E$$

### 6.3. Berechnen des Stundenwinkels ( $t_w, t_E$ )

1. Entsprechend dem Datum und mit UT-1 ins NJ gehen. Entnehmen des Grt' für die volle Stunde der UT-1. Dazu den Wert „Zuwachs Grt“ für 00-51-30 aus der Schalttafel entnehmen und den Grt berechnen! (Zur Ausführung mit dem Rechner sind 10-tel nautische Minuten in nautische Sekunden umzurechnen.)

Da die Planeten, die Sonne und der Mond in z. B. in einer Stunde unterschiedliche Wege an der scheinbaren Himmelskugel zurücklegen, ist im NJ der Wert „Unt“ (siehe entspr. Spalte) eingeführt worden:

Dieser Unterschied muss in der Schalttafel für Minuten, Sekunden mit beachtet werden, um den Grt auf die entsprechende UT1 zu berechnen:

15.03.2013 UT1= 08-51-30

Unt Venus = - 00' 30''

Unt Sonne = entfällt

Unt Mond = + 07'36''

Unt Frühlingspunkt = entfällt

Werte entnehmen für 15.03.2003 UT-1 08-51-30  
UT-1 08-00-00 Rest: 00-51-30

	Venus	Frühlingspunkt	Sonne	Mond
Grt'	334° 54' 30''	292° 30' 54''	297° 43' 36''	156° 11' 42''
Zuwachs	12° 52' 30''	12° 54' 36''	12° 52' 30''	12° 17' 18''
Vb	0° 00' 24''	entfällt	entfällt	0° 06' 30''
Grt	347° 47' 24''	305° 25' 30''	310° 36' 06''	168° 23' 48''

2. Zur Berechnung des Ortstundenwinkels (OSW) ist die geographische Länge des Koppelortes antragen:  $\lambda_g = 14^\circ 30,0' E$

Bei Ostlänge zum Grt addieren (+)

Bei Westlänge vom Grt subtrahieren (-)

3. Gesamtberechnung zur Bestimmung von  $t_E, t_w$

Regel zur Bestimmung von t:

$$t_E = \text{OSW größer als } 180^\circ (360^\circ - \text{OSW})$$

$$t_w = \text{OSW kleiner } 180^\circ$$



	Venus	Frühlingspunkt	Sonne	Mond
Grt	347° 47' 24''	305° 25' 30''	310° 36' 06''	168° 23' 48''
$\lambda_E$	+ 14° 30' 00" E	+ 14° 30' 00" E	+ 14° 30' 00" E	+ 14° 30' 00" E
OSW	002° 17' 24''	319° 55' 30''	325° 06' 06''	182° 53' 48''
t	002° 17' 50"W	040° 04' 30"E	034° 53' 54"E	177° 06' 12"E

#### 6.4. Berechnung der Deklination ( $\delta$ )

Entsprechend dem Pkt.7.3.1. für Datum und Uhrzeit das NJ aufschlagen. Entnehmen der  $\delta$  für die volle Stunde der UT-1, dazu den Wert "Unt" entnehmen oder berechnen.

15.03.2003                      UT-1 08-51-30  
 Werte entnehmen für UT-1 08-00-00                      Rest: 00-51-30

15.03.2003 UT1= 08-51-30

Unt Venus                      = - 00' 42''  
 Unt Sonne                      = - 01' 00''  
 Unt Mond                        = - 09' 00''  
 Unt Frühlingspunkt            = entfällt

Das Vorzeichen ist in der Haupttafel zu erkennen.

Der Deklinationswert berechnet sich dann, wie folgt:

	Venus	Frühlingspunkt	Sonne	Mond
$\delta'$	16° 14' 18" S	aus Sternentafel	02° 15' 18" S	21° 38' 24" N
Vb	- 0' 36"	für Fixsterne	- 00' 57"	- 07' 42"
<u><math>\delta</math></u>	<u>16° 13' 42" S</u>	entfällt	<u>02° 14' 21" S</u>	<u>21° 30' 42" N</u>

Die Verbesserung Vb kann auch mit dem Taschenrechner berechnet werden.

$$Vb = \delta \text{ für } 08-00-00 \text{ (UT-1) subtrahiert von } \delta \text{ für } 09-00-00 \text{ (UT-1)} = \Delta\delta$$

	Venus	Frühlingspunkt	Sonne	Mond
08-00-00	16° 14' 18" S	entfällt	02° 15' 18" S	21° 38' 24" N
09-00-00	<u>16° 13' 36" S</u>	entfällt	<u>02° 14' 18" S</u>	<u>21° 29' 24" N</u>
$\Delta\delta$	<u>- 0' 42" .</u>	entfällt	<u>- 1' 00" .</u>	<u>- 9' 00" .</u>

Vorzeichenregel:      wird die  $\delta$  zu 09.00 Uhr größer, dann +  
                                   wird die  $\delta$  zu 09.00 Uhr kleiner, dann -

Mit dem Rechner: Die Vb wird ermittelt in dem "Vb" für 1. Min ermittelt wird.

$$Vb_{\min} = \frac{\Delta\delta}{60}$$

Das Ergebnis wird mit der Restzeit (Zuwachs Grt) (min, sek.) multipliziert.

$$\text{z.B. Rechnereingabe für Venus: } \delta_{Venus} = \left( \frac{\Delta\delta}{60} \cdot \Delta t_{\min/\text{sek}} \right) - \delta_{08.00 \text{ Uhr}}$$

$$\delta_{Venus} = \left( \frac{00'42''}{60} \cdot 51 \text{ min } 30 \text{ sek} \right) - 14' 18'' = 13' 41,57'' \approx 13' 42'' = \underline{\underline{16° 13' 42''}}$$

## 6.5. Berechnung der Deklination ( $\delta$ ) und des Stundenwinkels ( $t_E$ , $t_W$ ) für Fixsterne

Dazu wird der Stundenwinkel des Frühlingspunktes genutzt.

Der SSW bzw.  $\beta$  (Sternstundenwinkel) und die  $\delta$  (Deklination) des Fixsternes wird aus dem NJ direkt oder dem beiliegenden Verzeichnis der Hauptsterne zum NJ für Jahr und Monat entnommen. Zum Erreichen größerer Genauigkeit muss zwischen den Monatswerten des  $\beta$  und der  $\delta$  interpoliert werden.

Beispiel:	15.03.2003	UT1 = 08-51-30	Stern <i>Arcturus</i> Sternbild <i>Bootis</i>
	Position: $\varphi_g = 24^\circ 53,0' N$ , $\lambda_g = 044^\circ 26,0' W$		
		OSW <sub>Y</sub>	= $292^\circ 30' 54''$
		Zuwachs	= $12^\circ 54' 36''$
Sternverzeichnis: Arcturus (Nr. 53)		$\beta$	= $146^\circ 02' 48''$
		Grt	= $451^\circ 28' 18''$
		$\lambda$	= $044^\circ 26' 00'' W$
		OSW	= $407^\circ 02' 30'' (-360^\circ)$
		$t_W$	= $047^\circ 02' 18''$
		$\delta$	= $19^\circ 09' 48'' N$

## 7. Berechnen von Kulminationszeiten und Auf- und Untergangszeiten der Gestirne

### 7.1. Regeln

- ❖ Wenn der GSW  $000^\circ$  beträgt, kulminiert das Gestirn über dem Greenwicher Meridian (obere Kulmination –Mittag–). Das Az beträgt  $180^\circ$ .
- ❖ Wenn der GSW  $180^\circ$  beträgt, kulminiert das Gestirn über dem  $180^\circ$  Meridian (Datumsgrenze) (untere Kulmination) – Mitternacht–. Das Az beträgt  $000^\circ$
- ❖ Die Kulminationszeit für den Meridian des Koppelortes wird bestimmt durch Umrechnung der geographischen Länge des Koppelortes in Zeit ( $\lambda_iZ$ ):
  - Bei westlicher Länge ist die  $\lambda_iZ$  mit der Kulminationszeit ( $000^\circ$  bzw.  $180^\circ$ ) zu addieren,
  - bei östlicher Länge ist die  $\lambda_iZ$  mit der Kulminationszeit zu subtrahieren, um die Kulminationszeit auf dem Ortsmeridian zu erhalten.

### 7.2. Berechnen von Kulminationszeiten

Beispiel: Sonne am 15.03.2003 Koppelort:  $\varphi_g = 54^\circ 40' N$ ,  $\lambda_g = 014^\circ 30' E$

Obere Kulmination der Sonne:

Prinzip: Für den Grt ist die genaue Zeit zu errechnen. Der Grt zur Zeit der oberen Kulmination beträgt  $360^\circ$ . Für UT-1 12-00-00 beträgt der Grt  $357^\circ 44' 18''$

$$\begin{array}{rcl}
 & & \text{Grt} = 360^\circ 00' 00'' \\
 \text{UT-1} = 12-00-00 & & \underline{\text{Grt} = -357^\circ 44' 18''} \\
 & & \Delta \text{Grt} = \underline{\underline{002^\circ 15' 42''}} \\
 \Delta \text{Grt} = 002^\circ 15' 42'' \text{ in Zeit}/(15) & = & \underline{\underline{00-09-03}}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 & & 12-00-00 + 00-09-03 = \underline{\underline{12-09-03}} \\
 \text{Kulmination auf Meridian von Greenwich:} & & T = 12-09-03 \\
 & \lambda_E = 14^\circ 30' 00'': & \underline{\lambda_iZ = 00-58-00} \\
 \text{Kulminationszeit am Koppelort:} & & \underline{\underline{T_{Og} = 11-11-03}}
 \end{array}$$

### 7.3. Berechnen von Auf- und Untergangszeiten mit dem Nautischen Jahrbuch

Beispiel: Aufgang der Sonne am 15.03.2003, Koppelort:  $\varphi_g = 54^\circ 40' N$ ,  $\lambda_g = 014^\circ 30' E$   
 Werte laut NJ Seite 29

	50° N	55° N
12. März 2003	06-21	06-24
17. März 2003	06-10	06-11
5 Tage	00-11	00-13

Interpolieren für den Tag 15. März 2003

$$\left(\frac{11 \text{ min}}{5 \text{ Tage}} = 2 \text{ min } 12 \text{ sek}\right) \cdot 3 \text{ Tage} = \underline{\underline{6 \text{ min } 36 \text{ sek}}}$$

$$06-21-00 + 00-06 \ 36 = \underline{\underline{06-27-36}} \text{ für } 15.03.2003 \ \varphi = 50^\circ N$$

$$\left(\frac{13 \text{ min}}{5 \text{ Tage}} = 2 \text{ min } 36 \text{ sek}\right) \cdot 3 \text{ Tage} = \underline{\underline{7 \text{ min } 48 \text{ sek}}}$$

$$06-24-00 + 00-07 \ 48 = \underline{\underline{06-31-48}} \text{ für } 15.03.2003 \ \varphi = 55^\circ N$$

Interpolieren für  $\varphi_g = 54^\circ 40' N$

06-27-36	$\varphi \ 50^\circ 00' 00''$
<u>– 06-31-48</u>	<u><math>\varphi \ 54^\circ 40' 00''</math></u>
$\Delta \text{ Zeit} = \underline{\underline{00-12-00}}$	$\underline{\underline{\Delta \varphi = 4^\circ 40' 00''}}$

$$\left(\frac{12 \text{ min } 00 \text{ sek}}{5}\right) \cdot 4^\circ 40' = \underline{\underline{11 \text{ min } 12 \text{ sek}}}$$

$$06-27-36 - 00-11-12 = \underline{\underline{06-16-24}}$$

Sonnenaufgang am 15.03.2003 auf  $\varphi = 54^\circ 40' N$ ,  $\lambda = 000^\circ 00'$  Greenwich Meridian

$$\text{UT-1} = 06-16-24$$

$$\underline{\underline{-\lambda iZ}} = \underline{\underline{00-58-00}}$$

$$\underline{\underline{\text{UT-1}}} = \underline{\underline{05-18-24}}$$

$$\underline{\underline{\text{MEZ}}} = \underline{\underline{06-18-24}}$$

## 8. Beschickung der scheinbaren Höhe (Ka) zur wahren beobachteten Höhe (hb)

### 8.1. Gesamtbeschickung lt. Nautisches Jahrbuch

$$h_b = K_a + G_b$$

In der Gesamtbeschickung sind enthalten:

	Sonne	Mond	Planeten	Fixsterne
Kimmtiefe	X	X	X	X
astronomische Refraktion	X	X	X	X
Parallaxe	konstant 0,15'	NJ	NJ	entfällt
Gestirnhalbmesser	NJ	NJ	entfällt	entfällt

## 9. Astronomische Standlinien- bzw. Standortbestimmungen

### 9.1. Standortbestimmung nach der Meridianhöhe der Sonne

Tag: 15.03.2003  $\varphi_g = 39^\circ 32,0' N$ ,  $\lambda_g = 19^\circ 23,0' W$  Ah = 6,5 Meter

UT-1 = 13-29-05 Ka =  $47^\circ 57,5'$

Kulmination auf dem Greenwicher Meridian (berechnet nach Schema Pkt. 9.1.) T = 12-09-03

$$\begin{array}{r} \text{Ka} = 47^\circ 57,5' \\ \text{Ib} = + 2,5' \\ \text{Gb} = + 10,8' \\ \hline \text{hb} = 48^\circ 10,8' \end{array}$$

Breitenbestimmung:

$$\delta = 2^\circ 10' 00'' S$$

$$b = h_b + \delta$$

$$\varphi = 90^\circ - b$$

$$\underline{\underline{\varphi_b = 39^\circ 39' 12'' N}}$$

Längenbestimmung

$$T_{\text{Greenwich}} = 12-09-03$$

$$\text{Grt} = 360^\circ 00' 00''$$

$$\text{UT-1} = 13-29-05$$

$$\text{Grt} = 020^\circ 00' 42''$$

$$\Delta \text{Zeit} = 1-20-02$$

$$\Delta \text{Grt} = 020^\circ 00' 48''$$

$$\underline{\underline{Zi\lambda = 020^\circ 00,5' W}}$$

$$\underline{\underline{\lambda_b = 020^\circ 00,8' W}}$$

### 9.2. Standlinie durch Berechnung der Höhengleiche Planet

15.03.2003 auf  $\varphi_g = 24^\circ 53' N$ ,  $\lambda_g = 044^\circ 26' W$  Ka =  $46^\circ 28,5'$ , Ah = 12m, Ib = - 0,8'

**Venus:** Unt<sub>Gr</sub> = - 0,5'; Unt<sub>δ</sub> = 0,7'; HP = 0,1'

$$\text{Ka} = 21^\circ 18,5' \quad \text{UT-1}' = 08-53-00$$

$$\text{Grt}' = 334^\circ 54' 30'' \quad \delta' = 16^\circ 14' 18'' S$$

$$\text{Gb}' = - 8,5' \quad \text{Verb G} = + 00-03$$

$$\text{Zuwachs} = 013^\circ 33' 48'' \quad \text{Vb Unt} = 0' 36''$$

$$\text{Zb} = + 0,1' \quad \text{Stop-U} = + 01-12$$

$$\text{Vb Unt} = - 00' 30'' \quad \underline{\underline{\delta' = 16^\circ 13' 42'' S}}$$

$$\underline{\underline{\text{hb} = 21^\circ 10,1'}} \quad \underline{\underline{\text{UT-1} = 08-54-15}}$$

$$\underline{\underline{\text{Grt} = 347^\circ 27' 48''}}$$

Es wird die Höhengleiche berechnet. Die Standlinien können entsprechend konstruiert werden.

$$h_r = 20^\circ 55' 36'' \quad \text{Az} = 120,5^\circ$$

$$\underline{\underline{\text{hb} = 21^\circ 10' 06''}}$$

$$\underline{\underline{\Delta h = 14' 30''}} = - 14,5 \text{ sm}$$

### 9.3. Breitenbestimmung und Kompasskontrolle mit dem Nordstern

Tag: 15 März 2003 Position:  $\varphi_g = 24^\circ 35,6' N$ ,  $\lambda_g = 24^\circ 30,0' W$  Ah = 6,0 Meter

Breitenbestimmung

$$\text{UT-1}' = 20-50-00$$

$$\text{Ka} = 24^\circ 20,8'$$

$$\text{St-U} = 00-03-30$$

$$\text{Ib} = - 0,6'$$

$$\text{St} = 00-00-00$$

$$\text{Gb} = - 6,4'$$

$$\underline{\underline{\text{UT-1} = 20-53-30}}$$

$$\underline{\underline{\text{hb} = 24^\circ 13,8'}}$$

$$1. \text{ Zusatzberichtigung} - 19,9'$$

$$2. \text{ Zusatzberichtigung} + 0,2'$$

$$3. \text{ Zusatzberichtigung} + 0,8'$$

$$\text{Gr}_Y = 113^\circ 00' 24''$$

$$\underline{\underline{\varphi_b = 23^\circ 54,1' N}}$$

$$\text{Zuw} = 013^\circ 24' 42''$$

$$\underline{\underline{\lambda = 024^\circ 30' 00'' W}}$$

$$\underline{\underline{t_Y = 101^\circ 55' 06''}}$$

$$\underline{\underline{\text{Az} = 359,3^\circ}}$$

Kompasskontrolle des Magnetkompasses

$$\text{MgP} = 357,0^\circ$$

$$\underline{\underline{\text{rw-Az} = 359,3^\circ}}$$

$$\underline{\underline{\text{MgFw} = - 0,8^\circ}}$$

## 10. Umfang der Prüfung zum SHS „Astronomische Navigation“

### 10.1. Rechenaufgaben

Ort aus drei Höhen (Mars, Mond, Sonne)

Ort aus zwei Höhen

Kompasskontrolle Sonne

### 10.2. Astronomische Grundkenntnisse

*Erklären Sie die Begriffe obere und untere Kulmination!*

Bei Erreichung seiner größten (oK) bzw. kleinsten (uK) Höhe

*Welche Sterne nennt man zirkumpolar?*

Wenn deren untere Kulmination über dem Horizont liegt

*Welche Gestirne kulminieren auf den Nord-, welche auf dem Südmeridian, welche im Zenit?*

$\delta$  größer  $\varphi_b$  Kulmination auf Nordmeridian,

$\delta$  kleiner  $\varphi_b$  Kulmination auf Südmeridian

$\delta$  gleich  $\varphi_b$  Kulmination im Zenit.

*Wie groß kann der OSW eines Gestirns zum Kulminationszeitpunkt sein?*

oK 000°, uK 180°

*Was versteht man unter dem Begriff „HP“ (Mond)*

Winkel am Erdmittelpunkt zwischen den Strecken Auge-Mond und Erdmittelpunkt -Mond

*Warum ändert sich die Größe von „HP“ fortlaufend (Mond)?*

Mond ändert den Abstand zur Erde und somit auch seine HP

*Bestimmen Sie die Jahrbuchwerte für HP am 13.02.2005 von 04.00 Uhr und 20.00 Uhr UT1!*

04.00 HP 57,8'      20.00 Uhr HP 57,2'

*Was schließen Sie aus der Veränderung der Jahrbuchwerte von 04.00 Uhr auf 20.00 Uhr UT1? HP wird kleiner, somit entfernt sich der Mond von der Erde*

*Stellen Sie auf Minutengenauigkeit für das Jahr 2005 den astronomischen Herbstanfang in MESZ fest, geben Sie eine Begründung dafür ab!*

Herbstanfang für Nordbreite ist am 22.09.2005 um 22-23 UTC, somit um 00-23 MESZ

Die  $\delta$  der Sonne beträgt 00° 00,0' und ändert sich von Nord auf Süd

*In welchem Punkt (Name) befindet sich die Sonne zum Zeitpunkt des Herbstanfangs? Nennen Sie die beiden Großkreise und den Winkel, unter dem sich dieselben in diesem Punkt schneiden!*

Bei Herbstanfang steht die Sonne im Waage oder Herbstpunkt. Schnittpunkt zwischen der Ekliptik und dem Himmelsäquator, Winkel 23,5°

*Was versteht man unter der Zeitgleichung „e“? Machen Sie Angaben über die Zeitgleichung (konstant/veränderlich und begründen Sie Ihre Antwort!*

e ist der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Ortszeit für jeweils 12.00 Uhr des Tages. Die Zeitgleiche ändert sich täglich, weil die wahre Sonne gegenüber der mittleren Sonne einmal schneller und einmal langsamer geht und sich somit auch die Zeitgleichung ständig ändert.

*Was versteht man unter dem Greenwicher Stundenkreis und wie nennt man den vom Greenwicher Stundenkreis zum Stundenkreis des Gestirns gezählten Winkel am oberen Pol?*

Nullstundenkreis, Projektion des Nullmeridians an die gedachte Himmelskugel. Der Winkel zwischen Greenwicher Stundenkreis zum Stundenkreis des Gestirns ist der Grt

### 10.3. Handhabung des Sextanten

Indexberichtigung, Winkelmessungen in der Praxis

## 12.) Berechnungsblatt für die Anwendung des Taschenrechners

Dieses Schema kann für alle Gestirne benutzt werden

UTC' = \_\_\_h\_\_\_min\_\_\_s  
 Stop U = \_\_\_min\_\_\_s  
 St = \_\_\_min\_\_\_s  
UTC = \_\_\_h\_\_\_min\_\_\_s  
UT-1 = \_\_\_h\_\_\_min\_\_\_s

Grt' = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
 Zuwachs= \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
 Vb Unt = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
 β = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
 Grt = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
 λ = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_" E/W  
OSW = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
t<sub>w</sub>/t<sub>E</sub> = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"

δ' = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
 Vb Unt = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
δ = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"

Tag: \_\_\_\_\_  
 Gestirn: \_\_\_\_\_  
 φ: = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_" N/S  
 .....λ: = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_" E/W  
 φ und δ ist **gleichnamig**  
 φ und δ ist **ungleichnamig**

Unt<sub>δ</sub> = \_\_\_'  
 Unt<sub>Grt</sub> = \_\_\_'  
 HP = \_\_\_'

Az: N/S \_\_\_° E/W  
 rw-Az \_\_\_°

KrP /MgP = \_\_\_°  
Kr-Ff/Mw = \_\_\_°  
Kr-A/Abl = \_\_\_°

h<sub>s</sub> = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
 Kt =.....\_\_\_'\_\_\_"  
 (R +) P =.....\_\_\_'\_\_\_"  
 R =.....\_\_\_'\_\_\_"  
 r =.....\_\_\_'\_\_\_"  
 Ib =.....\_\_\_'\_\_\_"  
 oder Gb=.....\_\_\_'\_\_\_"  
h<sub>b</sub> = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"

h<sub>r</sub> = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
Δh..... = \_\_\_°\_\_\_'\_\_\_"  
 in sm = \_\_\_\_\_sm

Zenitreduktion: V<sub>kn</sub> = \_\_\_ kn  
 Δ UT-1 = \_\_\_ min  
 Distanz = \_\_\_ sm