



Astronavigation nicht für Prüfungen (C-Schein, SHS) sondern „zum Vergnügen“.

- * Nichts auswendig lernen, sondern Hintergründe verstehen**
- * Nur Verfahren, die auf Sportbooten anwendbar sind**
- * Keine HO-Tafeln – heutzutage gibt es Taschenrechner**
- * So wenig Nomenklatur wie möglich**
- * Nur Gestirne, die leicht zu finden und zu messen sind: Sonne, Mond, Venus**

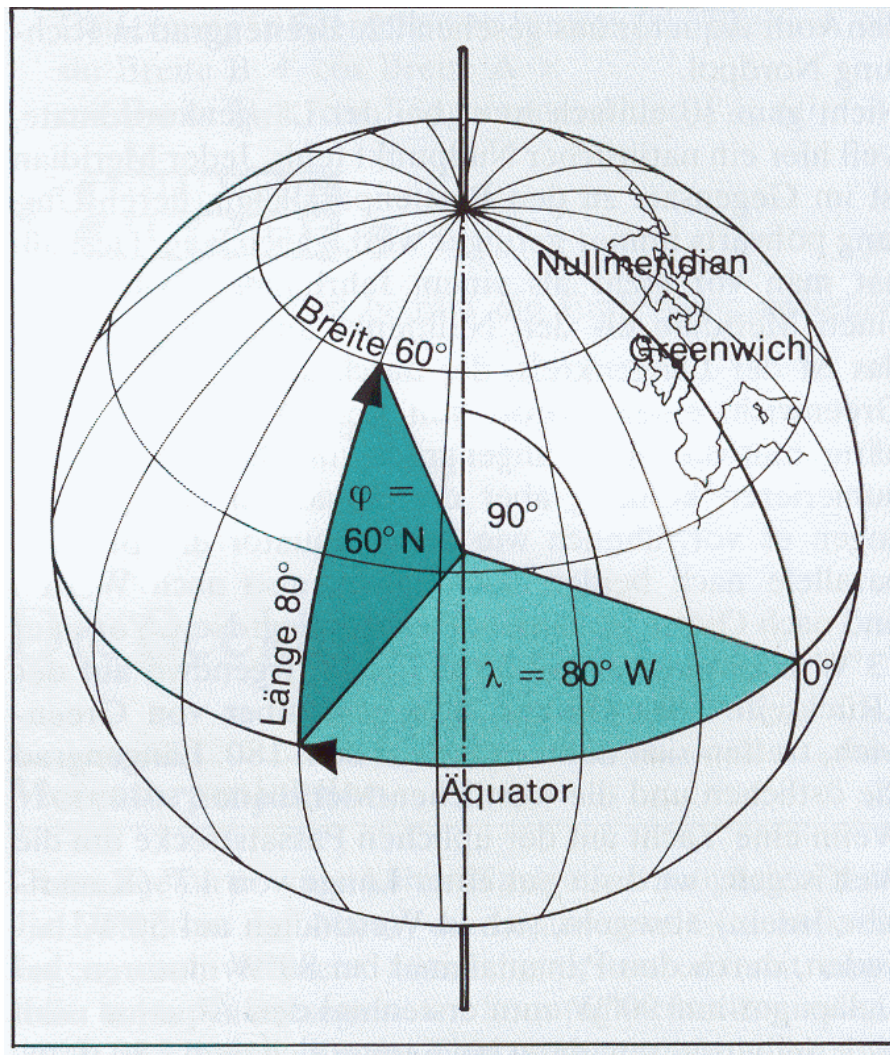


Themen des ASV-Astroseminars 2003:

- * Einführung
- * Mittagslänge
- * Nautisches Jahrbuch
- * Prinzip der Astronavigation
- * Mittagsbreite
- * Beschickungen
- * Bestimmung von Azimut und Abstand -> Standlinie
- * Mond, Planeten, Fixsterne
- * Sextant: Handhabung, Pflege, Kauf
- * Formeln für Taschen- und andere Rechner
- * Höhen- und Horizontalwinkelmessung
- * Astronavigation an Land



Koordinatensystem der Erde:



Breitengrade:

Vom Äquator (0°) zu den Polen (90°)

Bei der Astronavigation:

N + S -

Längengrade:

Normal: Von Greenwich (0°) je 180° nach Westen und nach Osten.

Astronavigation: Von Greenwich (0°) einmal ganz herum 360° in westlicher Richtung.



Mittagsbesteck:

Bestimmung der Position ist Mittags besonders leicht, da hier ein besonders einfacher Spezialfall eintritt.

Was ist Mittag?



Mittagsbesteck:

Bestimmung der Position ist Mittags besonders leicht, da hier ein besonders einfacher Spezialfall eintritt.

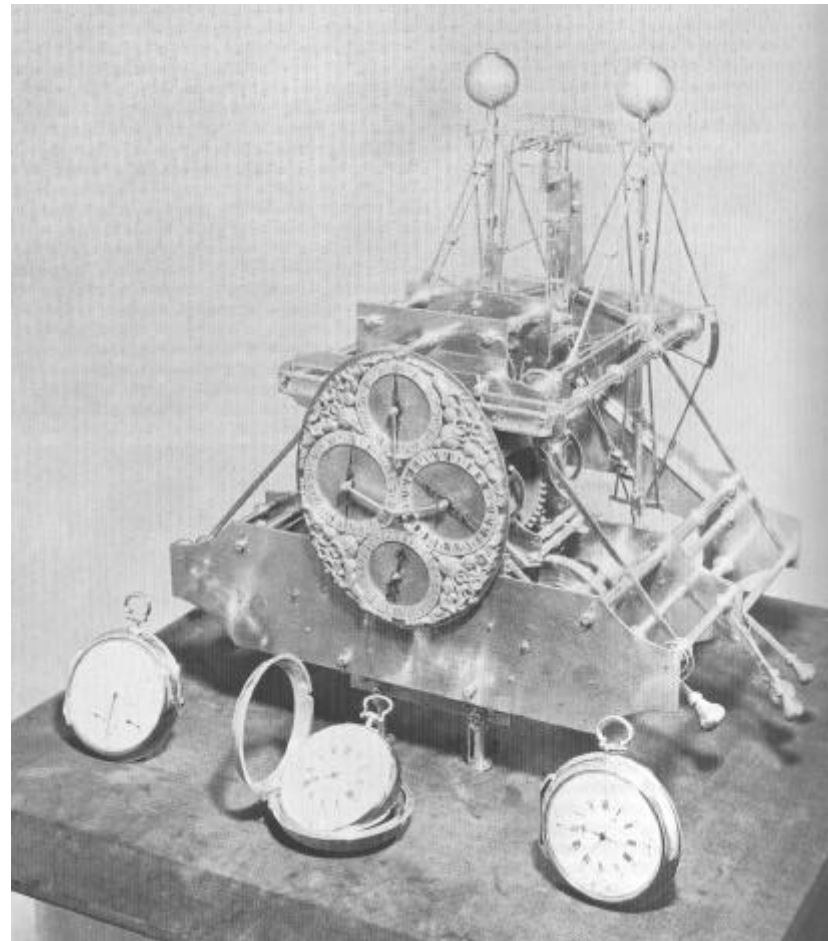
Was ist (wahrer) Mittag?

- * Sonne an ihrem höchsten Stand
- * Sonne genau südlich (nördlich) von uns
- * Wahrer Mittag = Astronomischer Mittag, stimmt nicht mit dem Mittag der gesetzlichen Zeit überein!
- * => Wenn wir wissen, wann genau bei uns wahrer Mittag ist, und wir den Längengrad der Sonne zu diesem Zeitpunkt kennen, dann kennen wir unseren Längengrad!

Zeitmessung: Muss sehr exakt sein! $V_{\text{Sonne}} \sim 900 \text{ km/s} = 0,25 \text{ sm/s}$



Das Problem der Zeitmessung:



Die H1 (hinten), K2, K1 und H4

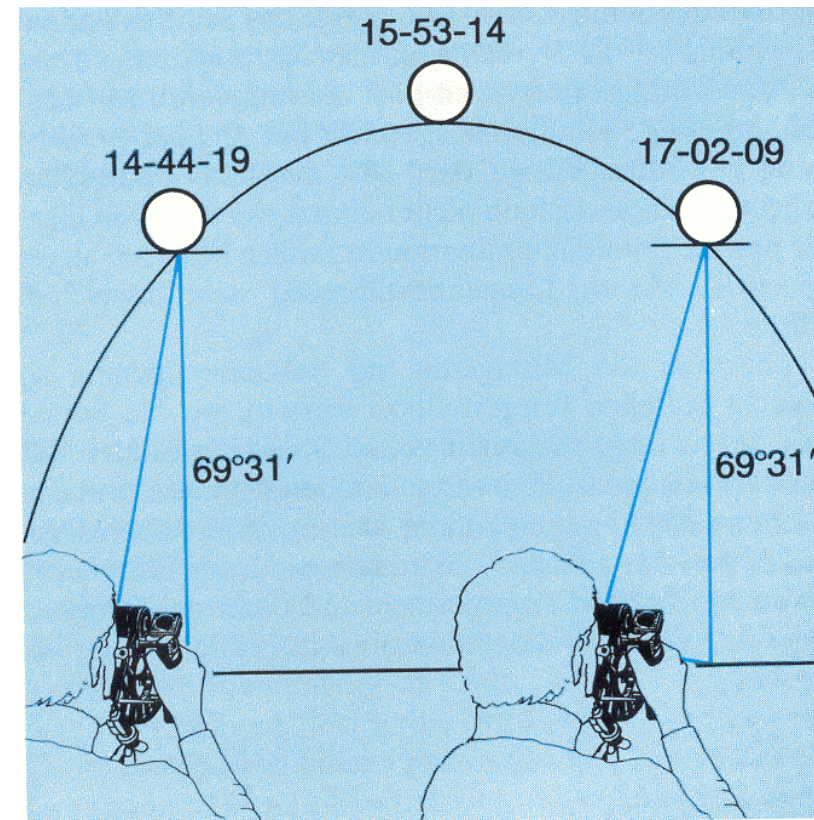


Wie misst man den wahren Mittagszeitpunkt?

- * Kompasspeilung ist zu ungenau
- * Direkte Winkelmessung wann die Sonne ihren höchsten Stand erreicht, ist schwierig, weil die Bahn der Sonne im Scheitel sehr flach (Sinus).

Lösung: Messung der Sonne etwa $\frac{1}{2}$ h bis 1 h vor dem Mittagszeitpunkt und zum Zeitpunkt des gleichen Winkels danach.

Der Mittelwert aus beiden Messzeitpunkten ist der Mittagszeitpunkt.





1989 MAI 17

Woher kenne ich den Längengrad der Sonne?

137 UT1	SONNE r 15,8'			MOND Alter 11			
	Grt		δ	Grt		Unt	δ
	°	'	°	'	'	°	'
0	180	55,1	19	16,5	N	42	56,0
1	195	55,1	19	17,1		57	31,6
2	210	55,1	19	17,6		72	07,3
3	225	55,1	19	18,2		86	42,8
4	240	55,1	19	18,8		101	18,3
5	255	55,0	19	19,3	N	115	53,8
6	270	55,0	19	19,9		130	29,3
7	285	55,0	19	20,5		145	04,7
8	300	55,0	19	21,0		159	40,0
9	315	55,0	19	21,6		174	15,3
10	330	54,9	19	22,1	N	188	50,6
11	345	54,9	19	22,7		203	25,8
12	0	54,9	19	23,3		218	01,0
13	15	54,9	19	23,8		232	36,1
14	30	54,9	19	24,4		247	11,2
15	45	54,9	19	24,9	N	261	46,2
16	60	54,8	19	25,5		276	21,2
17	75	54,8	19	26,1		290	56,1
18	90	54,8	19	26,6		305	30,9
19	105	54,8	19	27,2		320	05,7
20	120	54,8	19	27,7	N	334	40,5
21	135	54,7	19	28,3		349	15,2
22	150	54,7	19	28,8		3	49,8
23	165	54,7	19	29,4		18	24,4
	T 11.56		Unt 0,6'			T 21.44	UT1 4 HP 54,1'

Die „Position“ eines Gestirns ist der Ort auf der Erde, über dem das Gestirn genau senkrecht steht. Dieser Ort heißt Bildpunkt.

Tabellen, in denen diese Bildpunkte für verschiedene Zeitpunkte und verschiedene Himmelskörper verzeichnet sind heißen „Ephemeriden“.

Die Ephemeriden findet man mit Computerprogrammen oder im Nautischen Jahrbuch



Wochentafel

53 min

53 min	Zuwachs Grt			Unt	Vb
	Sonne Planet	Frühlp.	Mond		
s	o /	o /	o /	/	/
0	13 15,0	13 17,2	12 38,8	0,0	0,0
1	13 15,3	13 17,4	12 39,0	0,3	0,3
2	13 15,5	13 17,7	12 39,3	0,6	0,5
3	13 15,8	13 17,9	12 39,5	0,9	0,8
4	13 16,0	13 18,2	12 39,7	1,2	1,1
5	13 16,3	13 18,4	12 40,0	1,5	1,3
6	13 16,5	13 18,7	12 40,2	1,8	1,6
7	13 16,8	13 18,9	12 40,5	2,1	1,9
8	13 17,0	13 19,2	12 40,7	2,4	2,1
9	13 17,3	13 19,4	12 40,9	2,7	2,4
10	13 17,5	13 19,7	12 41,2	3,0	2,7
11	13 17,8	13 19,9	12 41,4	3,3	2,9
12	13 18,0	13 20,2	12 41,6	3,6	3,2
13	13 18,3	13 20,4	12 41,9	3,9	3,5
14	13 18,5	13 20,7	12 42,1	4,2	3,7
15	13 18,8	13 20,9	12 42,4	4,5	4,0
16	13 19,0	13 21,2	12 42,6	4,8	4,3
17	13 19,3	13 21,4	12 42,8	5,1	4,5
18	13 19,5	13 21,7	12 43,1	5,4	4,8
19	13 19,8	13 21,9	12 43,3	5,7	5,1
20	13 20,0	13 22,2	12 43,6	6,0	5,4
21	13 20,3	13 22,4	12 43,8	6,3	5,6
22	13 20,5	13 22,7	12 44,0	6,6	5,9
23	13 20,8	13 22,9	12 44,3	6,9	6,2
24	13 21,0	13 23,2	12 44,5	7,2	6,4
25	13 21,3	13 23,4	12 44,7	7,5	6,7
26	13 21,5	13 23,7	12 45,0	7,8	7,0
27	13 21,8	13 23,9	12 45,2	8,1	7,2
28	13 22,0	13 24,2	12 45,5	8,4	7,5
29	13 22,3	13 24,4	12 45,7	8,7	7,8

Wie errechne ich Werte für Minuten und Sekunden?

1. Möglichkeit: Linear interpolieren
2. Möglichkeit: Schalttafeln: „Zuwachs Grt“ für Sonne für x Minuten und y Sekunden einfach ablesen, und zum Wert der vollen Stunde addieren.



Achtung: Rechnen mit Minuten und Sekunden!

Eine Stunde enthält 60 Minuten und eine Minute 60 Sekunden. Nicht 100!!!!

Ein Grad enthält 60 Minuten und eine Minute 60 Sekunden. Nicht 100!!!!

Manche Taschenrechner können das, aber nicht alle. Daher folgender Trick:

$$1\text{h}00'00'' = 0\text{h}59'60''$$

z.B.:

$$\begin{array}{r} 90^\circ \\ - 52^\circ 34' \\ + 19^\circ 56' \end{array} = \begin{array}{r} 89^\circ 60' \\ - 52^\circ 34' \\ \hline 37^\circ 26' \\ + 19^\circ 56' \\ \hline 56^\circ 82' = 57^\circ 22' \end{array}$$

=> 1. und 2. Übung



Woher wissen wir, wann wir ungefähr messen müssen?

Sonne wandert in 24h einmal um die Erde = 360° , d.h. 15 Grad/h

Der Mittagszeitpunkt auf dem Nullmeridian (Greenwich) steht im NJ als „T“

Also: pro 15° Länge ist der Mittagszeitpunkt bei uns eine Stunde später.

Zwischenwerte gibt es aus den Schalttafeln: Unsere Position in „Zuwachs Grt Sonne“ ergibt Zeitdifferenz in Minuten und Sekunden.

Dabei gilt:

- * Westlängen positiv (Unser Mittag ist später als der in Greenwich)
- * Ostlängen negativ (Unser Mittag ist früher als der in Greenwich)

W+ E-

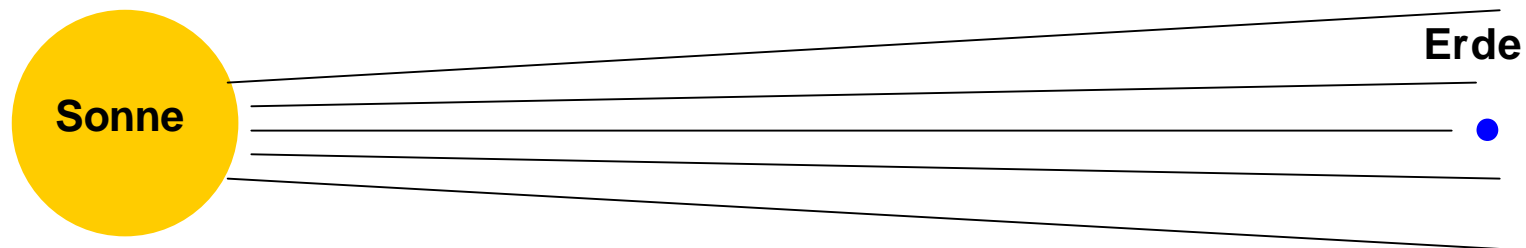
3. Übung



Allgemeines Grundprinzip der Astronavigation

Hier: Anhand der Mittagsbreite, aber es ist allgemeingültig.

Prinzip der parallelen Strahlen:



Die Sonnenstrahlen, die die Erde treffen, sind näherungsweise parallel

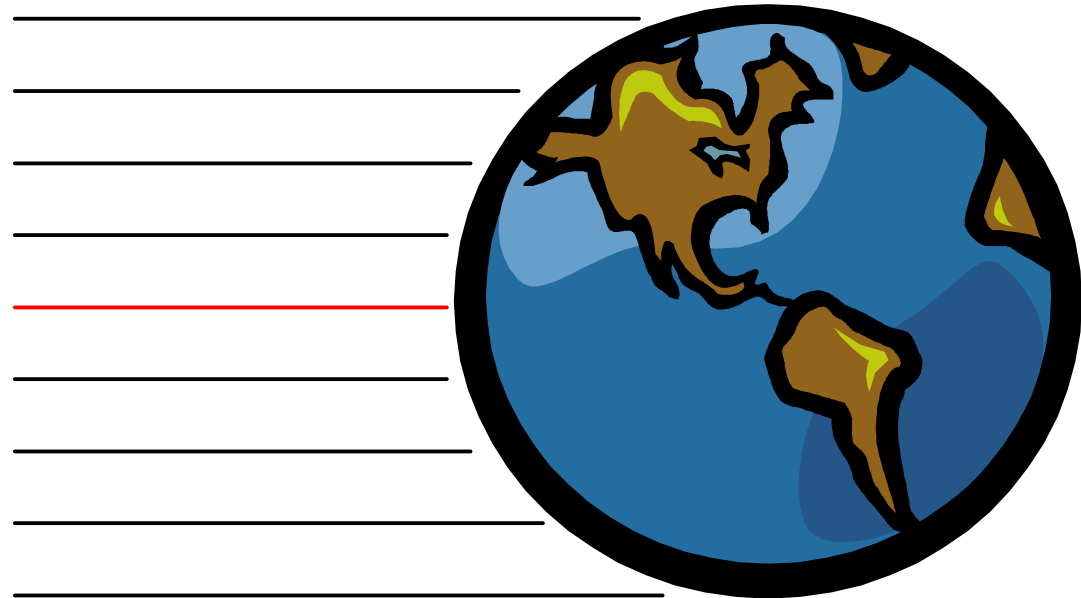


Die parallelen Sonnenstrahlen, treffen die Kugeloberfläche der Erde in unterschiedlichen Winkeln.

An einem Punkt treffen die Strahlen genau rechtwinklig auf:
"Die Sonne steht senkrecht darüber"

Diese Punkt heißt „**Bildpunkt**“ der Sonne.

Das gilt nicht nur für die Sonne, sondern auch für die Sterne.



Bei Mond und Planeten sind die Strahlen nicht wirklich parallel, weil die zu nahe sind. Man geht aber nach demselben Prinzip vor, und verwendet Korrekturfaktoren.



Mittagsbreite

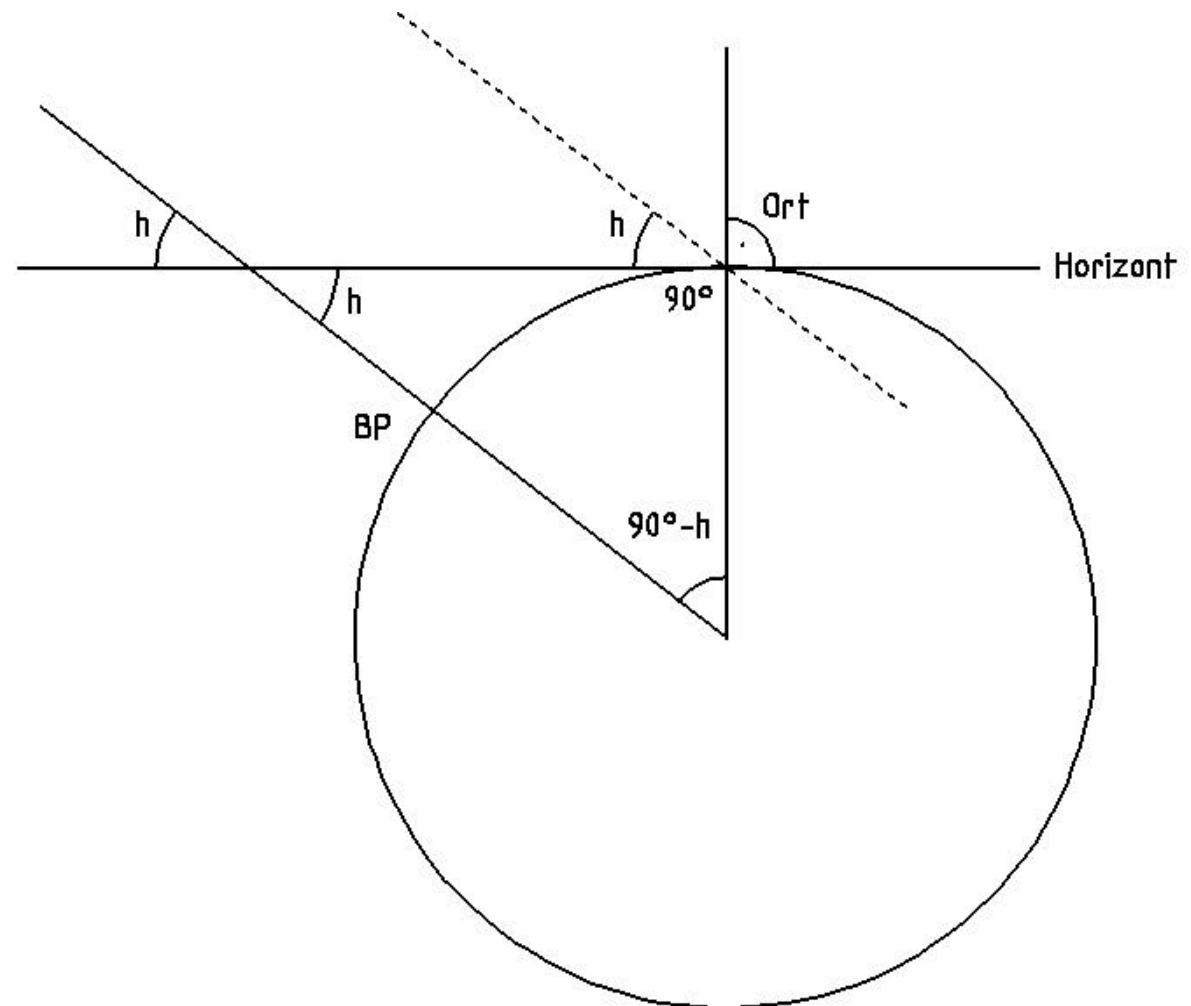
Am wahren Mittag ist unser Längengrad gleich mit dem des Bildpunktes (BP) der Sonne. (s.o.)

⇒ Die Verbindungslinie zwischen meinem Ort, und dem BP ist genau rechtwinklig zu den Breitenkreisen.

⇒ Ich kann das Ganze zweidimensional betrachten:

Abstand zwischen mir und BP =

$$90^\circ - h_{\text{gemessen}}$$





Allgemeine Formel Mittagsbreite:

$$\varphi = \pm_1 \delta \pm_2 (90^\circ - h_{\text{gem}})$$

$\pm_1 = +$ für nördliches δ (Sommerhalbjahr)
- für südliches δ (Winterhalbjahr)

$\pm_2 = +$ für Ort nördlich BP Sonne (Europa)
- für Ort südlich BP Sonne

$\varphi =$ Unser Breitengrad

$\delta =$ Breitengrad des BP
(aus NJ)

$h_{\text{gem}} =$ Gemessene Höhe

Also gilt für unsere Breiten im Sommer:

$$\varphi = \delta + (90^\circ - h_{\text{gem}})$$



Messung der Sonnenhöhe

Der Zeitpunkt ist unkritischer, als bei der Mittagslänge, da die Höhe der Sonne im Scheitel für ca. 4 min näherungsweise gleich bleibt.

- ⇒ Ungefähren Mittagszeitpunkt bestimmen (s.o.)
- ⇒ Dann ca. 1 x pro Minute messen, bis die Sonne zu sinken beginnt.

Beschickungen

Das Messergebnis ist falsch, weil:

- * Die Lichtstrahlen an der Atmosphäre abgelenkt werden
- * Nicht die Mitte der Sonne gemessen wird, sondern der Ober- oder Unterrand
- * Ich mich mehrere Meter über der Wasseroberfläche befinde, und der Horizont daher nicht waagrecht vor mir, sondern schräg unter mir liegt.

Hierfür gibt es Korrekturfaktoren, sogenannte „Beschickungen“, abgekürzt „Gb“



Beschickungen

Im Nautischen Jahrbuch, ganz vorne, auf den rosa Seiten.

Oder: Faustformel für 2m Augeshöhe und Sonnenunterrand:

h_{gem}	Gb
$> 18^\circ$	11'
$> 25^\circ$	12'
$> 40^\circ$	13'

Hier gilt, genau wie bei der Kompassbeschickung:

Zum wahren Winkel mit richtigem Vorzeichen,

Zum falschen Winkel mit falschen Vorzeichen

=> 3., 4. und 5. Übung