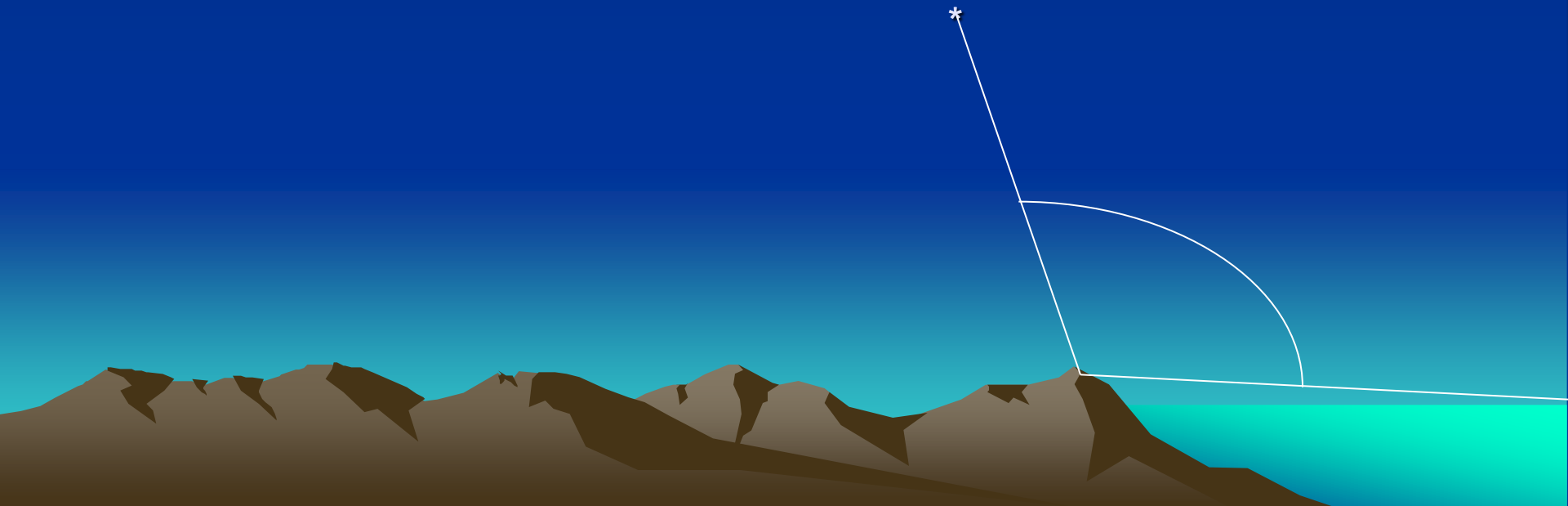
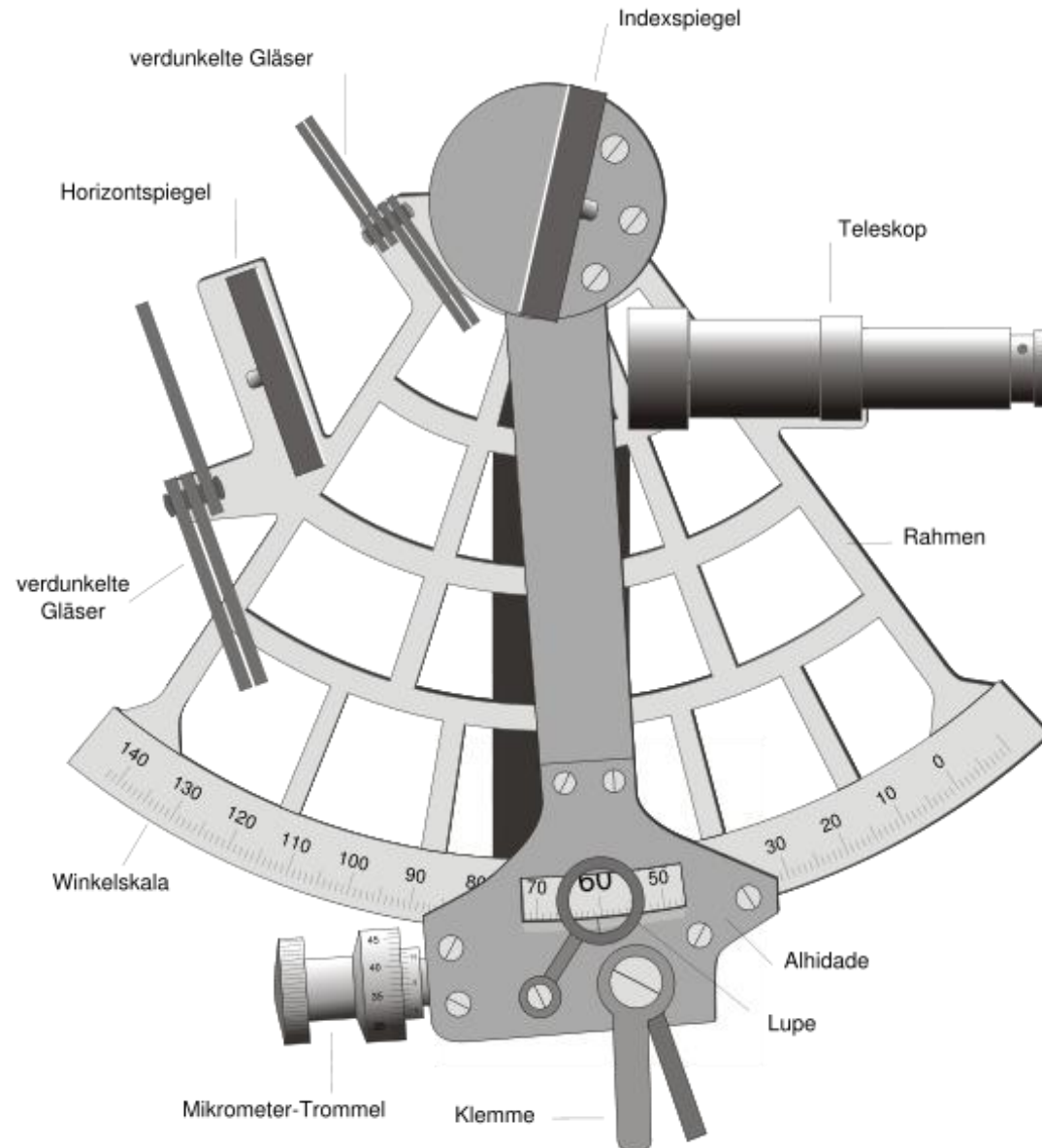


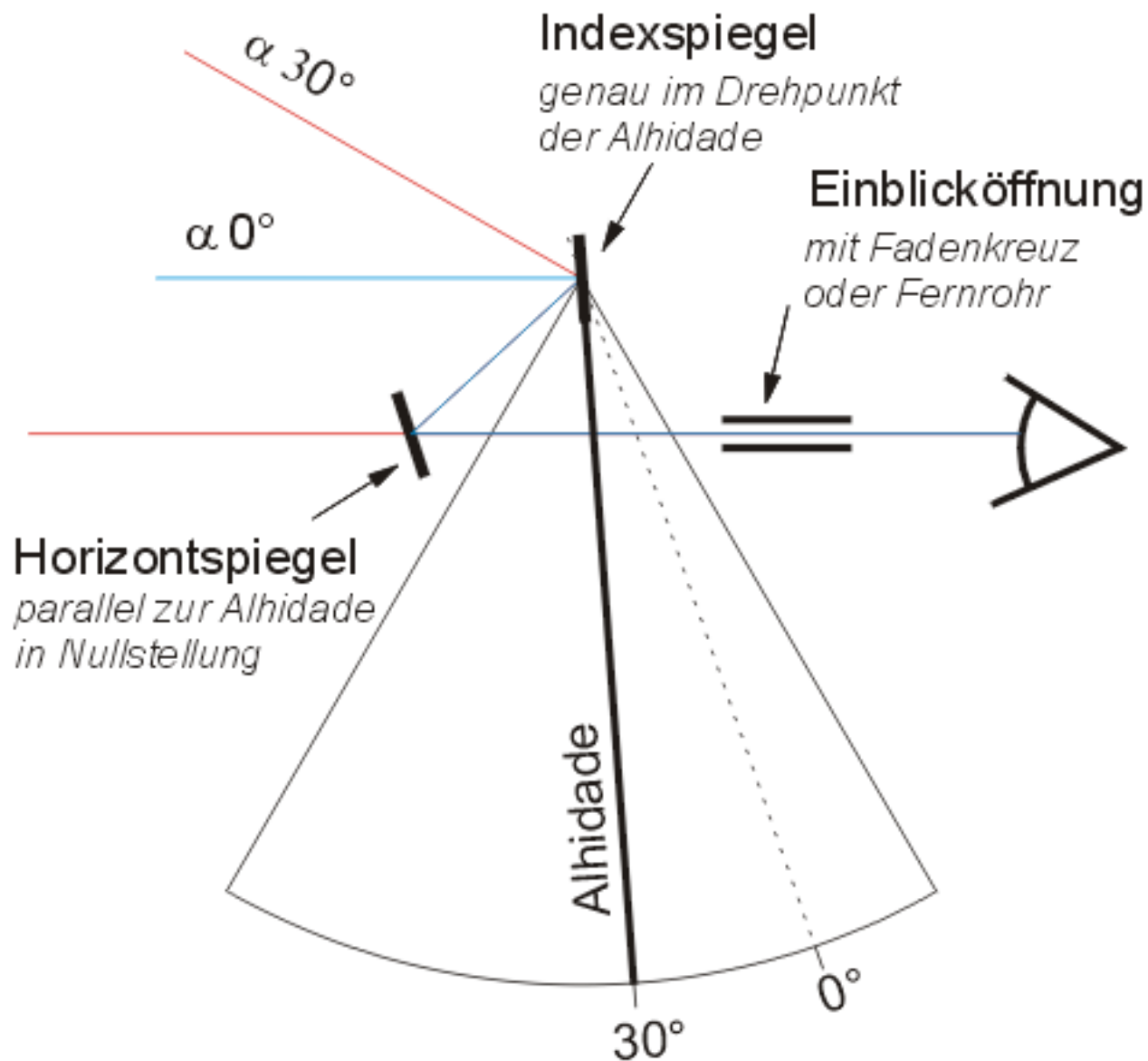


Astronomische Ortsbestimmung mit dem Sextanten

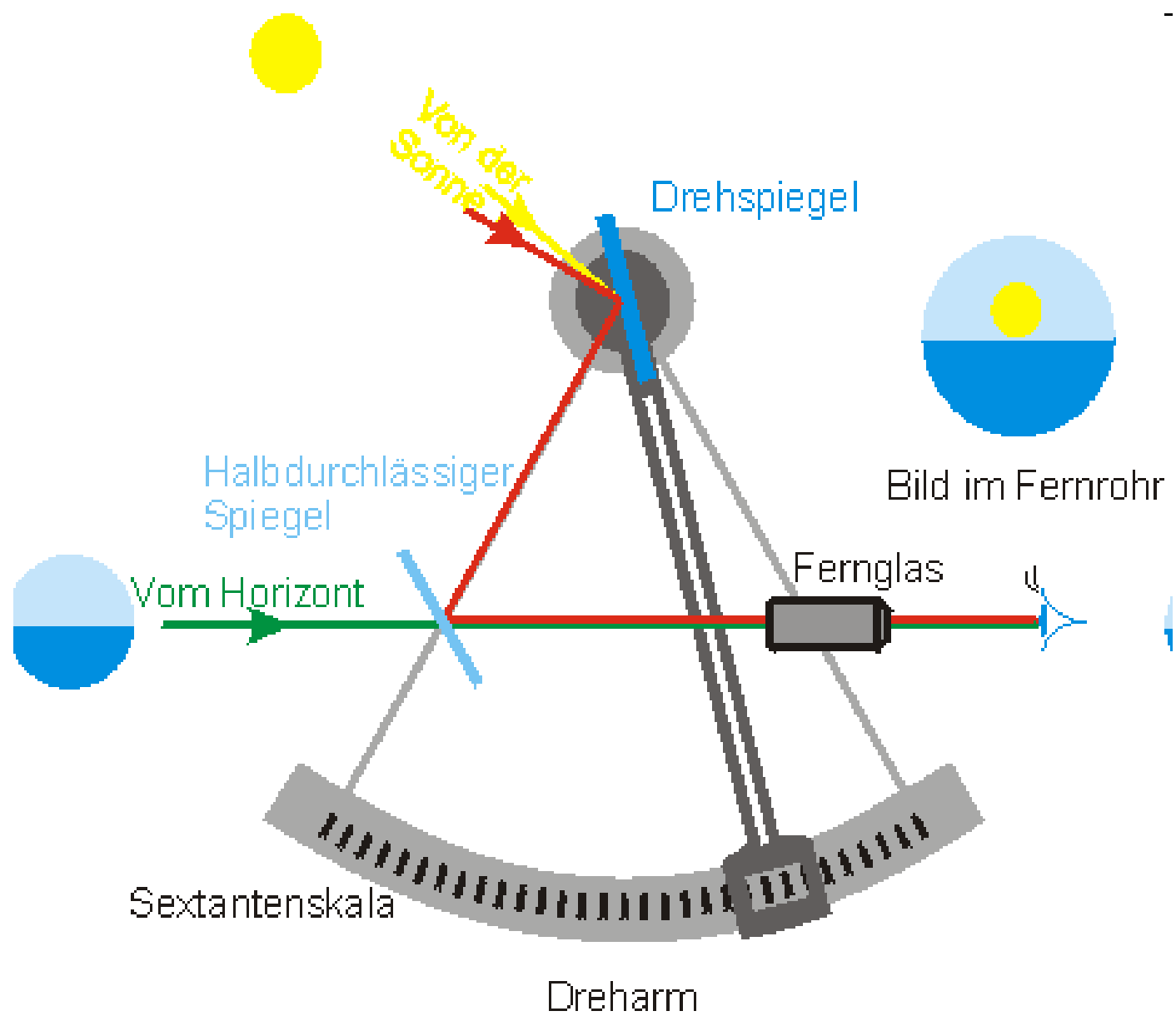


Der Sextant





Skala: doppelter Wert des Winkels zwischen Alhidade und Nullmarke



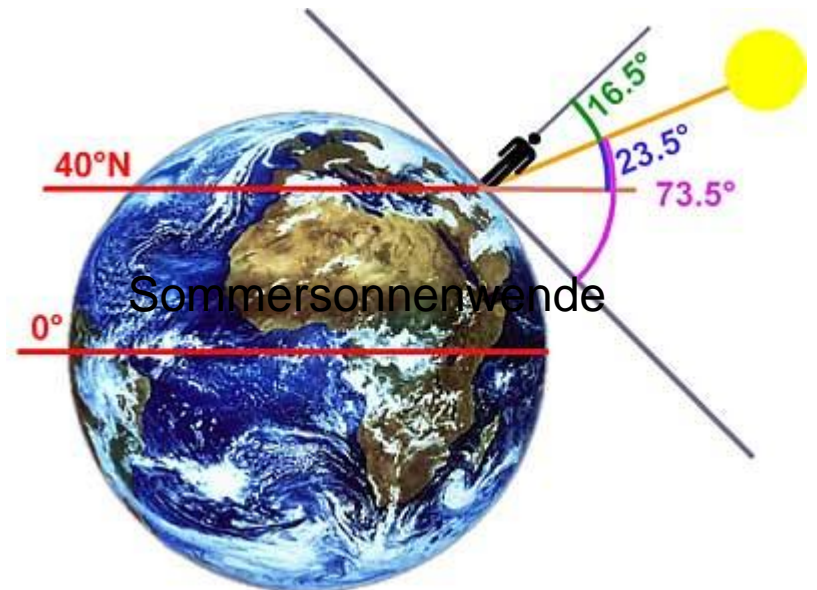
Die einfachste Art seine Position zu bestimmen ist die **Mittagsmethode**. Dabei wird die Sonnenhöhe zur Mittagszeit gemessen. Sie hat den Vorteil, dass sie sehr einfach ist und den Nachteil, dass sie nur einmal am Tag angewendet werden kann.

Bestimmung des Breitengrades: $90^\circ - \text{Sonnenhöhe} = \text{Breitengrad}$
Der Höhenwinkel (Deklination, δ) der Sonne muß berücksichtigt werden.



Sonnenuntergang auf Ibiza (40° N)

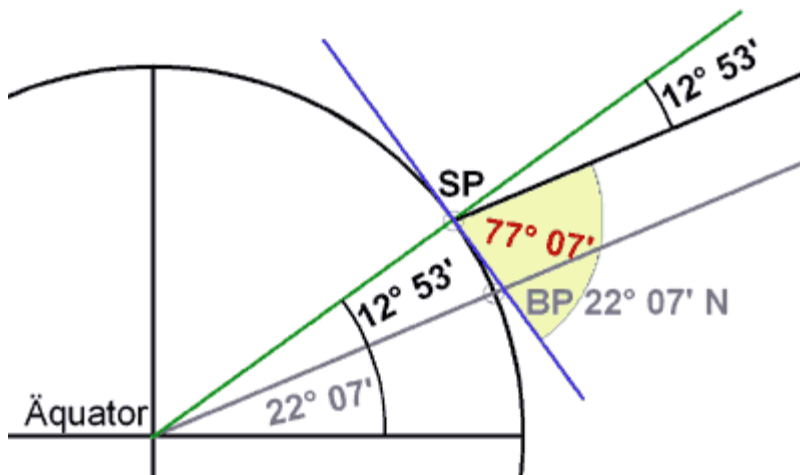
Messung zur Sommersonnenwende am 21.6.



Die Sonnen im Jahreshöchststand, δ mit $23,5^\circ$

Allgemeines Beispiel für die Breitenbestimmung: Am **01. Juni 2005** um **11:50 Uhr Lokalzeit (LZ)** messen wir mit dem Sextanten einen **Sonnenhöchststand von $77^\circ 07'$** über dem Horizont. Die Sonne steht im Süden. Unsere momentane Zeitzone sei UTC minus 2 Stunden. UTC ist also $LZ+2 = 13:50$ Uhr. In den Nautischen Tafeln lesen wir die **Sonnenhöhe δ für 14:00 Uhr mit $22^\circ 07,0'$** ab. **BP** ist der Bildpunkt der Sonne = Schnittpunkt der Linie Sonne-Äquator mit der Erdoberfläche = $\delta = 22^\circ 07,0'$.

(Würden wir nicht die Mittagsbreite bestimmen, würde unser Standort auf dem Kreis mit dem Radius $12^\circ 53' = 773$ sm um BP liegen.)



		2005		Juni		1		Mittwo	
152	SONNE	r 15,8	δ	MOND	Alter 23,6 d		FRÜ		
UT1	Grt	δ		Grt	Unt	δ	Unt		
0	180 34,0	22 02,3 N		248 52,7	13,5	01 47,0 S	16,0	24,9	
1	195 33,9	22 02,7		263 25,2	13,6	01 31,0	16,1	26,4	
2	210 33,8	22 03,0		277 57,8	13,7	01 15,0	16,1	27,9	
	330 33,0	22 03,4		292 29,8	13,7	00 53,4	16,0	29,4	
11	345 32,9	22 03,8		307 02,5	13,8	01 09,3	15,9	30,9	
12	000 32,8	22 06,4		063 24,5	13,7	01 25,3	15,9	07,0	
13	015 32,8	22 06,7		077 57,2	13,8	01 41,2	16,0	08,5	
14	030 32,7	22 07,0		092 30,0	13,8	01 57,2	15,9	10,0	
15	045 32,7	22 07,3		107 02,7	13,8	02 13,2	15,9	11,5	
16	060 32,6	22 07,6		121 35,4	13,8	02 29,1	15,9	13,0	
17	075 32,4	22 08,0		136 08,1	13,8	02 44,8	15,8	14,5	

Unsere Breite ist also $90^\circ - 77^\circ 07' = 12^\circ 53' + 22^\circ 07' = 35^\circ$

Seite aus dem Nautischen Jahrbuch
für das Datum unseres Monatstreffens und eine grobe Berechnung unserer Breite
2011 Februar 24 Donnerstag

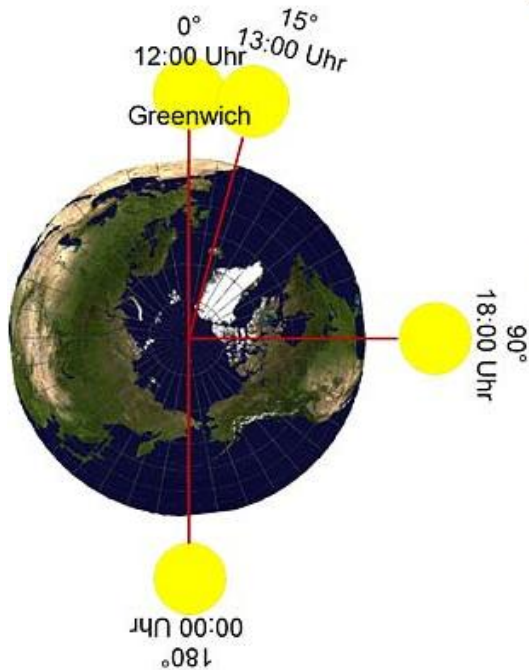
UT1	SONNE		MOND					FRÜHLP.
	Grt	δ	Grt	Unt	δ	Unt	HP	Grt
0	176 40.2	09 40.2 S	284 03.9	07.0	21 27.3 S	06.5	58.6	153 31.4
1	191 40.3	09 39.3 S	298 29.9	07.0	21 33.8 S	06.4	58.6	168 33.9
2	206 40.4	09 38.4 S	312 55.9	07.0	21 40.1 S	06.2	58.5	183 36.4
3	221 40.4	09 37.5 S	327 21.9	07.0	21 46.4 S	06.1	58.5	198 38.8
4	236 40.5	09 36.6 S	341 47.9	07.0	21 52.5 S	06.0	58.5	213 41.3
5	251 40.6	09 35.6 S	356 13.9	07.0	21 58.4 S	05.8	58.4	228 43.8
6	266 40.7	09 34.7 S	010 39.9	07.0	22 04.2 S	05.7	58.4	243 46.2
7	281 40.8	09 33.8 S	025 05.9	07.0	22 09.9 S	05.5	58.3	258 48.7
8	296 40.9	09 32.9 S	039 31.9	07.0	22 15.4 S	05.4	58.3	273 51.1
9	311 41.0	09 32.0 S	053 57.8	07.0	22 20.8 S	05.2	58.3	288 53.6
10	326 41.1	09 31.0 S	068 23.8	07.0	22 26.1 S	05.1	58.2	303 56.1
11	341 41.2	09 30.1 S	082 49.8	07.0	22 31.2 S	05.0	58.2	318 58.5
12	356 41.3	09 29.2 S	097 15.7	07.0	22 36.1 S	04.8	58.2	334 01.0
13	011 41.4	09 28.3 S	111 41.7	07.0	22 40.9 S	04.7	58.1	349 03.5
14	026 41.4	09 27.3 S	126 07.7	07.0	22 45.6 S	04.5	58.1	004 05.9
15	041 41.5	09 26.4 S	140 33.6	07.0	22 50.1 S	04.4	58.1	019 08.4
16	056 41.6	09 25.5 S	154 59.6	07.0	22 54.5 S	04.2	58.0	034 10.9
17	071 41.7	09 24.6 S	169 25.6	07.0	22 58.8 S	04.1	58.0	049 13.3
18	086 41.8	09 23.6 S	183 51.6	07.0	23 02.9 S	03.9	58.0	064 15.8
19	101 41.9	09 22.7 S	198 17.6	07.0	23 06.8 S	03.8	57.9	079 18.3
20	116 42.0	09 21.8 S	212 43.6	07.0	23 10.6 S	03.7	57.9	094 20.7
21	131 42.1	09 20.9 S	227 09.6	07.0	23 14.3 S	03.5	57.9	109 23.2
22	146 42.2	09 19.9 S	241 35.6	07.0	23 17.8 S	03.4	57.8	124 25.6
23	161 42.3	09 19.0 S	256 01.7	07.0	23 21.2 S	03.2	57.8	139 28.1
	T=12:13 Unt=0.9'							

Bei Sonnenhöhe von 29° BP -9°; 90°-29° = 61°-9° = 52°

2. Teil der Seite aus dem Nautischen Jahrbuch

UT1	VENUS		MARS		JUPITER		SATURN	
	Gr ^t	δ	Gr ^t	δ	Gr ^t	δ	Gr ^t	δ
	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "
0	219 07.0	20 17.5 S	180 19.7	12 12.4 S	147 00.2	01 36.1 N	317 17.2	04 02.6 S
1	234 06.4	20 17.2 S	195 20.3	12 11.7 S	162 02.1	01 36.3 N	332 19.8	04 02.5 S
2	249 05.7	20 16.8 S	210 20.9	12 10.9 S	177 04.1	01 36.5 N	347 22.4	04 02.5 S
3	264 05.1	20 16.5 S	225 21.5	12 10.2 S	192 06.0	01 36.7 N	002 24.9	04 02.4 S
4	279 04.4	20 16.2 S	240 22.0	12 09.5 S	207 08.0	01 37.0 N	017 27.5	04 02.4 S
5	294 03.8	20 15.9 S	255 22.6	12 08.8 S	222 09.9	01 37.2 N	032 30.1	04 02.3 S
6	309 03.2	20 15.5 S	270 23.2	12 08.1 S	237 11.9	01 37.4 N	047 32.6	04 02.2 S
7	324 02.5	20 15.2 S	285 23.8	12 07.4 S	252 13.8	01 37.6 N	062 35.2	04 02.2 S
8	339 01.9	20 14.9 S	300 24.3	12 06.7 S	267 15.8	01 37.9 N	077 37.8	04 02.1 S
9	354 01.2	20 14.6 S	315 24.9	12 06.0 S	282 17.7	01 38.1 N	092 40.4	04 02.1 S
10	009 00.6	20 14.2 S	330 25.5	12 05.3 S	297 19.7	01 38.3 N	107 42.9	04 02.0 S
11	023 59.9	20 13.9 S	345 26.1	12 04.6 S	312 21.6	01 38.6 N	122 45.5	04 02.0 S
12	038 59.3	20 13.6 S	000 26.7	12 03.9 S	327 23.6	01 38.8 N	137 48.1	04 01.9 S
13	053 58.6	20 13.2 S	015 27.2	12 03.2 S	342 25.5	01 39.0 N	152 50.7	04 01.9 S
14	068 58.0	20 12.9 S	030 27.8	12 02.5 S	357 27.5	01 39.2 N	167 53.2	04 01.8 S
15	083 57.3	20 12.6 S	045 28.4	12 01.8 S	012 29.4	01 39.5 N	182 55.8	04 01.8 S
16	098 56.7	20 12.2 S	060 29.0	12 01.1 S	027 31.4	01 39.7 N	197 58.4	04 01.7 S
17	113 56.0	20 11.9 S	075 29.6	12 00.3 S	042 33.3	01 39.9 N	213 00.9	04 01.6 S
18	128 55.4	20 11.6 S	090 30.1	11 59.6 S	057 35.3	01 40.1 N	228 03.5	04 01.6 S
19	143 54.8	20 11.2 S	105 30.7	11 58.9 S	072 37.2	01 40.4 N	243 06.1	04 01.5 S
20	158 54.1	20 10.9 S	120 31.3	11 58.2 S	087 39.1	01 40.6 N	258 08.7	04 01.5 S
21	173 53.5	20 10.6 S	135 31.9	11 57.5 S	102 41.1	01 40.8 N	273 11.2	04 01.4 S
22	188 52.8	20 10.2 S	150 32.5	11 56.8 S	117 43.0	01 41.0 N	288 13.8	04 01.4 S
23	203 52.2	20 09.9 S	165 33.0	11 56.1 S	132 45.0	01 41.3 N	303 16.4	04 01.3 S
Unt	-0.7'	0.3'	0.6'	0.7'	2.0'	0.2'	2.7'	0.1'
		HP=0.1'		HP=0.1'		HP=0.0'		HP=0.0'

Bestimmung des Längengrades



Da sich die Erde mit 15° pro Stunde, das entspricht am Äquator 1666,8 km pro Stunde dreht, lässt sich daraus folgendes ableiten: Steht z.B. an meiner Position um 14:30 UTC die Sonne am höchsten am Himmel, so befinde ich mich 2:30 westlicher als Greenwich, also auf $37,5^\circ$ W.

Nun ist die Bahn der Sonne um die Zeit des Mittagsdurchgangs sehr flach, da sie vom Aufsteigen zum Absinken wechselt. Das macht es einfach die maximale Höhe zu bestimmen, die man zur Berechnung des Breitengrades benötigt, aber der exakte Zeitpunkt zur Bestimmung des Längengrades ist fast unmöglich zu bestimmen und der ist sehr wichtig.

Man misst die Höhe der Sonne zu einem beliebigen Zeitpunkt am Vormittag, z.B. um 10:30:20 Uhr UTC-Zeit. Der gemessene Winkel wird notiert oder im Sextanten eingestellt gelassen und dann wartet man, bis am Nachmittag exakt der gleiche Winkel wieder erreicht wird und notiert die genaue Uhrzeit. Der Höchststand ($(\text{Zeit1} + \text{Zeit2})/2$) ist um 12:20:25 Uhr erreicht, also $\approx 1/3$ h später: 20 min = 5° W als Längengrad.



Es müssen noch einige **Korrekturen** vorgenommen werden:

Da ‚die Sonne nicht exakt 24 h für eine Umlauf benötigt‘, muß korrigiert werden.

Sie steht um 12:00 Uhr 32,8' weiter, siehe NJ. Aus der Schalttafel des NJ bekommen wir auch den exakten Wert für 20' 25" nämlich 5° 06.2'. Dann ergibt sich als Länge die Summe der beiden Werte = **005° 39' (W)**.

2005 Juni 1 Mittw

152	SONNE		r 15,8	δ	MOND	Alter 23,6 d	FRÜ	
UT1	Gr				Gr	Unt	δ	Unt
0	180 34,0	22 02,3 N			248 52,7	13,5	01 47,0 S	16,0 249
1	195 33,9	22 02,7			263 25,2	13,6	01 31,0	16,1 264
2	210 33,8	22 03,0			277 57,8	13,7	01 15,0	16,1 279
	330 33,0	22 03,4			292 30,7	13,8	00 53,4	16,0 294
11	345 32,9	22 03,8			307 03,7	13,8	01 09,3	16,0 309
12	000 32,8	22 06,4			063 24,5	13,7	01 25,3	15,9 070
13	015 32,8	22 06,7			077 57,2	13,8	01 41,2	16,0 085
14	030 32,7	22 07,0			092 30,0	13,8	01 57,2	15,9 100
15	045 32,7	22 07,3			107 02,8	13,8	02 13,2	15,9 115
16	060 32,6	22 07,6			121 35,6	13,8	02 29,2	15,9 130
17	075 32,4	22 08,0			136 08,5	13,8	02 44,8	15,8 145

→

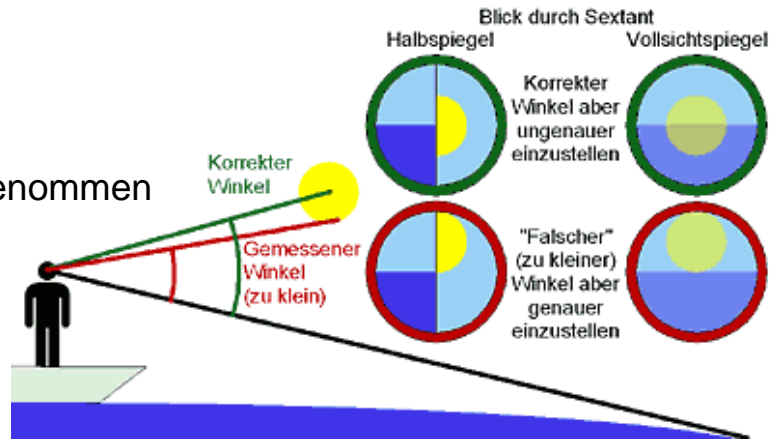
14	030 32,7	22 07,0
----	----------	---------

Gr = Ortsstundenwinkel (= LHA, Local hour angle)

Fehlerquellen:

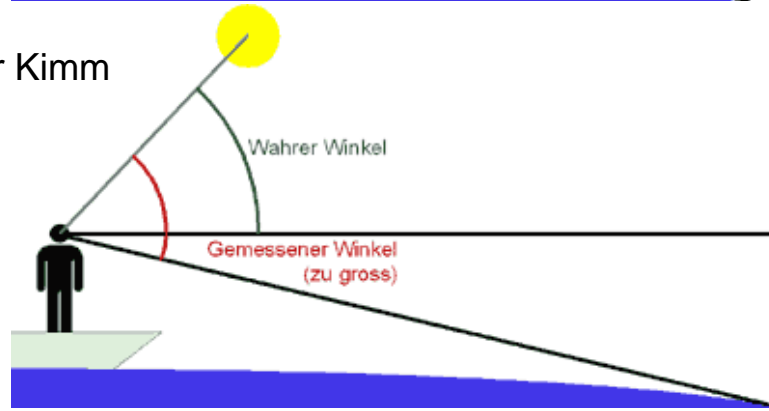
1. statt Sonnenmitte den Unterrand genommen

Sonnenmittelpunkt
 $+ 32' / 2 = 16'$



2. Statt vom wahren Horizont von der Kimm gemessen

Augeshöhe (Kimmtiefe)
 2m \rightarrow $-2,5'$; 3m \rightarrow $-3,1'$



3. Unberücksichtigt blieb die:

Refraktion aus (Tabellen)

Gesamtbeschickung:

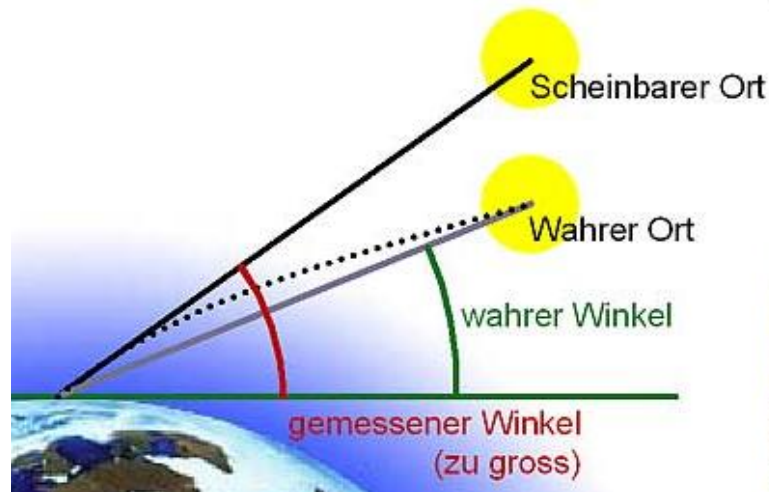
$< 20^\circ$ Wert nicht verwenden

$20^\circ - 25^\circ$ $+11'$

$25^\circ - 40^\circ$ $+12'$

$> 40^\circ$ $+13'$

Hinreichend genaue ‚Daumenwerte‘
 Für die Gesamtbeschickung



Aus dem NJ:

Gesamtbeschickung in Winkelminuten für den Kimmabstand des Sonnenunterrandes

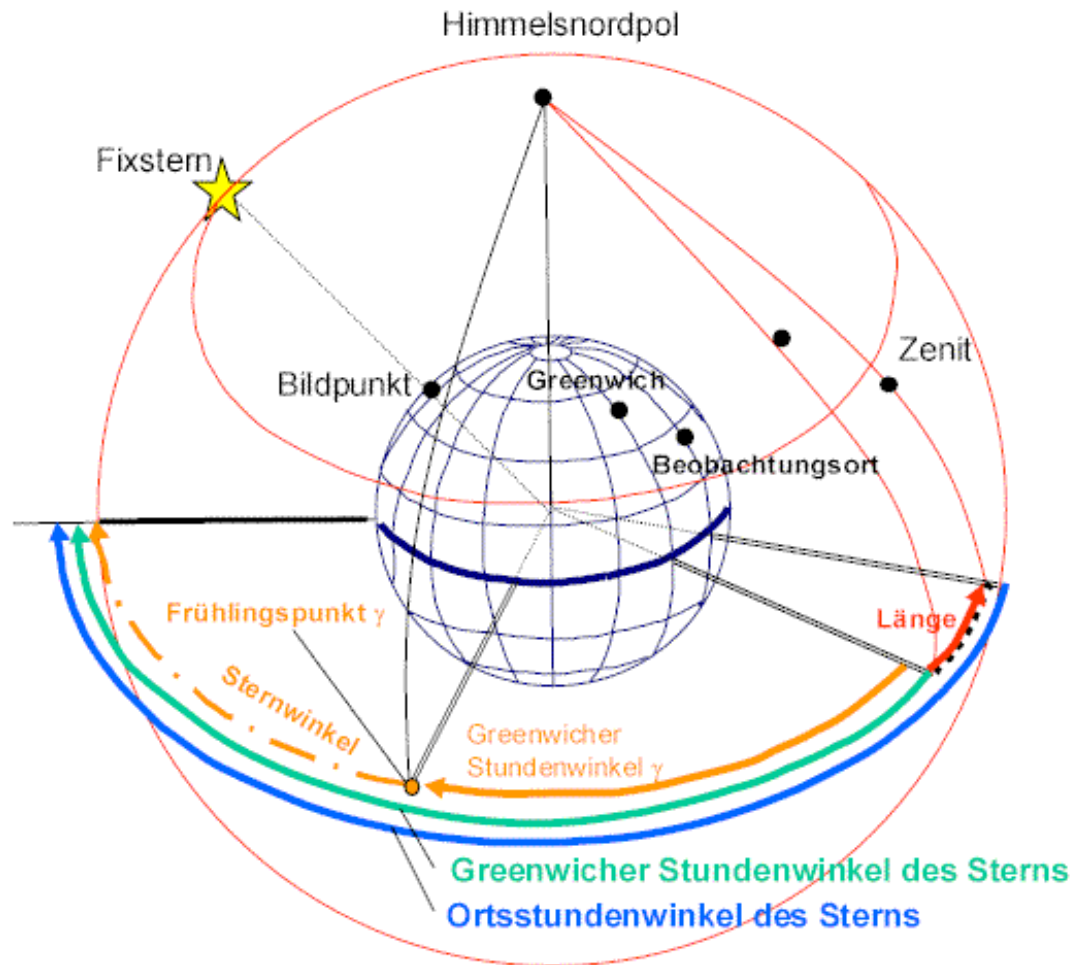
Kimmabstand in Grad	Augeshöhe in Meter																											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30							
3	1.9	0.0	-0.7	-1.3	-1.8	-2.3	-2.7	-3.0	-3.4	-3.7	-4.0	-4.5	-5.1	-5.5	-6.0	-6.4	-6.8	-7.2	-7.6	-7.9	-8.3							
3.5	3.2	1.3	0.6	0.0	-0.5	-1.0	-1.3	-1.7	-2.1	-2.4	-2.7	-3.2	-3.7	-4.2	-4.7	-5.1	-5.5	-5.9	-6.3	-6.6	-7.0							
4	4.3	2.5	1.7	1.2	0.7	0.2	-0.2	-0.5	-0.9	-1.2	-1.5	-2.0	-2.6	-3.0	-3.5	-3.9	-4.3	-4.7	-5.1	-5.4	-5.8							
4.5	5.4	3.5	2.8	2.2	1.7	1.3	0.9	0.5	0.2	-0.2	-0.4	-1.0	-1.5	-2.0	-2.4	-2.9	-3.3	-3.6	-4.0	-4.4	-4.7							
5	6.2	4.4	3.6	3.1	2.6	2.1	1.8	1.4	1.1	0.7	0.5	-0.1	-0.6	-1.1	-1.5	-1.9	-2.3	-2.7	-3.1	-3.4	-3.8							
5.5	7.0	5.2	4.4	3.8	3.4	2.9	2.5	2.2	1.8	1.5	1.2	0.7	0.2	-0.3	-0.7	-1.2	-1.6	-1.9	-2.3	-2.6	-3.0							
6	7.7	5.8	5.1	4.5	4.0	3.6	3.2	2.9	2.5	2.2	1.9	1.4	0.9	0.4	0.0	-0.5	-0.9	-1.2	-1.6	-2.0	-2.3							
6.5	8.2	6.4	5.7	5.1	4.6	4.2	3.8	3.4	3.1	2.8	2.5	2.0	1.5	1.0	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-1.0	-1.3	-1.7							
7	8.8	6.9	6.2	5.6	5.1	4.7	4.3	4.0	3.6	3.3	3.0	2.5	2.0	1.5	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.2							
7.5	9.2	7.4	6.7	6.1	5.6	5.2	4.8	4.4	4.1	3.8	3.5	3.0	2.5	2.0	1.6	1.1	0.7	0.4	0.0	-0.3	-0.7							
8	9.6	7.8	7.1	6.5	6.0	5.6	5.2	4.8	4.5	4.2	3.9	3.4	2.9	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8	0.4	0.1	-0.3							
8.5	10.0	8.2	7.4	6.9	6.4	6.0	5.6	5.2	4.9	4.6	4.3	3.7	3.2	2.8	2.3	1.9	1.5	1.2	0.8	0.5	0.1							
9	10.3	8.5	7.8	7.2	6.7	6.3	5.9	5.5	5.2	4.9	4.6	4.1	3.6	3.1	2.7	2.3	1.9	1.5	1.1	0.8	0.5							
9.5	10.6	8.8	8.1	7.5	7.0	6.6	6.2	5.8	5.5	5.2	4.9	4.4	3.9	3.4	3.0	2.6	2.2	1.8	1.4	1.1	0.8							
10	10.9	9.1	8.3	7.8	7.3	6.9	6.5	6.1	5.8	5.5	5.2	4.7	4.2	3.7	3.3	2.8	2.5	2.1	1.7	1.4	1.0							
11	11.3	9.5	8.8	8.2	7.8	7.3	6.9	6.6	6.3	6.0	5.7	5.1	4.6	4.2	3.7	3.3	2.9	2.6	2.2	1.9	1.5							
12	11.7	9.9	9.2	8.6	8.2	7.7	7.4	7.0	6.7	6.4	6.1	5.5	5.0	4.6	4.1	3.7	3.3	3.0	2.6	2.3	1.9							
13	12.1	10.3	9.5	9.0	8.5	8.1	7.7	7.3	7.0	6.7	6.4	5.9	5.4	4.9	4.5	4.1	3.7	3.3	3.0	2.6	2.3							
14	12.4	10.6	9.8	9.3	8.8	8.4	8.0	7.6	7.3	7.0	6.7	6.2	5.7	5.2	4.8	4.4	4.0	3.6	3.3	2.9	2.6							
15	12.6	10.8	10.1	9.5	9.1	8.6	8.3	7.9	7.6	7.3	7.0	6.4	5.9	5.5	5.0	4.6	4.2	3.9	3.5	3.2	2.8							
16	12.9	11.1	10.3	9.8	9.3	8.9	8.5	8.1	7.8	7.5	7.2	6.7	6.2	5.7	5.3	4.9	4.5	4.1	3.7	3.4	3.1							
17	13.1	11.3	10.5	10.0	9.5	9.1	8.7	8.3	8.0	7.7	7.4	6.9	6.4	5.9	5.5	5.1	4.7	4.3	4.0	3.6	3.3							
18	13.2	11.5	10.7	10.1	9.7	9.2	8.9	8.5	8.2	7.9	7.6	7.1	6.6	6.1	5.7	5.3	4.9	4.5	4.1	3.8	3.5							
19	13.4	11.6	10.9	10.3	9.8	9.4	9.0	8.7	8.4	8.0	7.8	7.2	6.7	6.3	5.8	5.4	5.0	4.7	4.3	4.0	3.6							
20	13.5	11.8	11.0	10.5	10.0	9.6	9.2	8.8	8.5	8.2	7.9	7.4	6.9	6.4	6.0	5.6	5.2	4.8	4.5	4.1	3.8							
22	13.8	12.0	11.3	10.7	10.2	9.8	9.4	9.1	8.8	8.5	8.2	7.6	7.1	6.7	6.2	5.8	5.4	5.1	4.7	4.4	4.0							
24	14.0	12.2	11.5	10.9	10.5	10.0	9.7	9.3	9.0	8.7	8.4	7.8	7.3	6.9	6.5	6.0	5.7	5.3	4.9	4.6	4.3							
26	14.2	12.4	11.7	11.1	10.6	10.2	9.8	9.5	9.2	8.9	8.6	8.0	7.5	7.1	6.6	6.2	5.8	5.5	5.1	4.8	4.4							
28	14.4	12.6	11.8	11.3	10.8	10.4	10.0	9.6	9.3	9.0	8.7	8.2	7.7	7.2	6.8	6.4	6.0	5.6	5.3	4.9	4.6							
30	14.5	12.7	12.0	11.4	10.9	10.5	10.1	9.8	9.5	9.2	8.9	8.3	7.8	7.4	6.9	6.5	6.1	5.8	5.4	5.1	4.7							
32	14.6	12.8	12.1	11.5	11.1	10.6	10.3	9.9	9.6	9.3	9.0	8.5	8.0	7.5	7.1	6.7	6.3	5.9	5.5	5.2	4.9							
34	14.7	13.0	12.2	11.7	11.2	10.8	10.4	10.0	9.7	9.4	9.1	8.6	8.1	7.6	7.2	6.8	6.4	6.0	5.7	5.3	5.0							
36	14.8	13.1	12.3	11.8	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8	9.5	9.2	8.7	8.2	7.7	7.3	6.9	6.5	6.1	5.8	5.4	5.1							
38	14.9	13.2	12.4	11.8	11.4	10.9	10.6	10.2	9.9	9.6	9.3	8.8	8.3	7.8	7.4	7.0	6.6	6.2	5.9	5.5	5.2							
40	15.0	13.2	12.5	11.9	11.5	11.0	10.7	10.3	10.0	9.7	9.4	8.8	8.4	7.9	7.5	7.1	6.7	6.3	5.9	5.6	5.3							
42	15.1	13.3	12.6	12.0	11.5	11.1	10.7	10.4	10.1	9.8	9.5	8.9	8.4	8.0	7.5	7.1	6.7	6.4	6.0	5.7	5.3							
44	15.2	13.4	12.6	12.1	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	9.8	9.5	9.0	8.5	8.0	7.6	7.2	6.8	6.4	6.1	5.7	5.4							
46	15.2	13.4	12.7	12.1	11.7	11.2	10.9	10.5	10.2	9.9	9.6	9.1	8.6	8.1	7.7	7.3	6.9	6.5	6.2	5.8	5.5							
48	15.3	13.5	12.8	12.2	11.7	11.3	10.9	10.6	10.3	10.0	9.7	9.1	8.6	8.2	7.7	7.3	6.9	6.6	6.2	5.9	5.5							
50	15.4	13.6	12.8	12.3	11.8	11.4	11.0	10.6	10.3	10.0	9.7	9.2	8.7	8.2	7.8	7.4	7.0	6.6	6.3	5.9	5.6							
55	15.5	13.7	13.0	12.4	11.9	11.5	11.1	10.8	10.4	10.1	9.9	9.3	8.8	8.4	7.9	7.5	7.1	6.8	6.4	6.1	5.7							
60	15.6	13.8	13.1	12.5	12.0	11.6	11.2	10.9	10.6	10.3	10.0	9.4	8.9	8.5	8.0	7.6	7.3	6.9	6.5	6.2	5.9							
65	15.7	13.9	13.2	12.6	12.1	11.7	11.3	11.0	10.7	10.4	10.1	9.5	9.0	8.6	8.2	7.7	7.4	7.0	6.6	6.3	6.0							
70	15.8	14.0	13.3	12.7	12.2	11.8	11.4	11.1	10.8	10.5	10.2	9.6	9.1	8.7	8.3	7.8	7.5	7.1	6.7	6.4	6.1							
75	15.9	14.1	13.4	12.8	12.3	11.9	11.5	11.2	10.9	10.6	10.3	9.7	9.2	8.8	8.3	7.9	7.5	7.2	6.8	6.5	6.1							
80	16.0	14.2	13.5	12.9	12.4	12.0	11.6	11.3	10.9	10.6	10.4	9.8	9.3	8.9	8.4	8.0	7.6	7.3	6.9	6.6	6.2							
85	16.1	14.3	13.6	13.0	12.5	12.1	11.7	11.4	11.0	10.7	10.4	9.9	9.4	8.9	8.5	8.1	7.7	7.3	7.0	6.7	6.3							
90	16.2	14.4	13.6	13.1	12.6	12.2	11.8	11.4	11.1	10.8	10.5	10.0	9.5	9.0	8.6	8.2	7.8	7.4	7.1	6.7	6.4							

Allgemeine Methode

Wir messen die Höhe von 2-3 Himmelsobjekten oder 2 mal ein Objekt zu verschiedenen exakt notierten Zeiten.

Wir berechnen Ort u. Bildpunkt der Objekte zu diesen Zeiten (Tabellen, Rechner).

Wir schätzen (gissen, *guess*) die Position unseres Standortes.



Beispiel: gegisster Standort: $\varphi=54^\circ$ N 31° W

- Wir messen die Sonnenhöhe: Punkt 10:00:00 Uhr mit **$29^\circ 32,9'$** am 30.4.05.
- Wir berechnen für diesen Zeitpunkt ihre Deklination: $\delta=14^\circ 51,9'$ (N), und den
- Greenwicher Ortsstundenwinkel mit **$330^\circ 41,9'$** .
- Der lokale Ortstundenwinkel (LHA) ist $330^\circ 41,9' - 31^\circ = 299^\circ 41,9'$

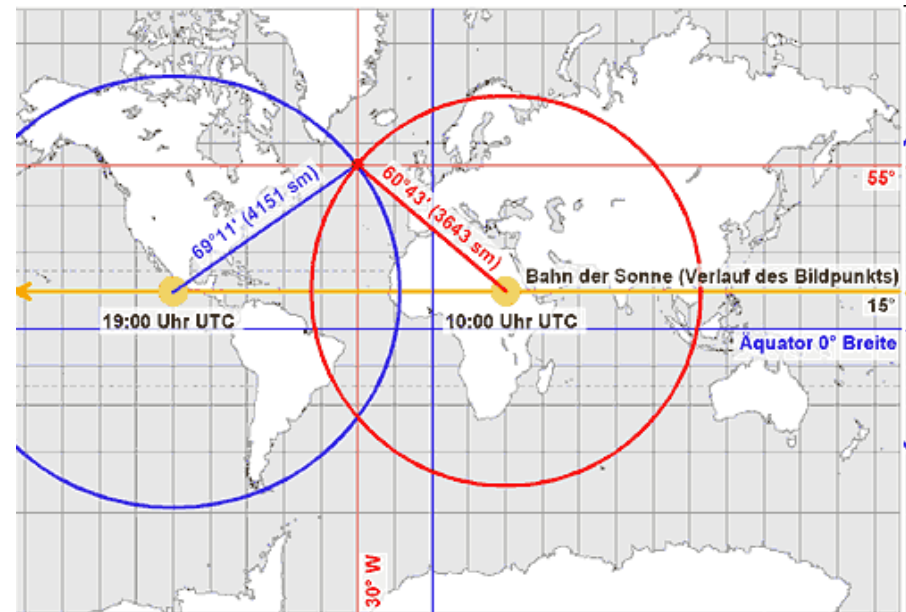
Daraus berechnet sich die Sonnenhöhe am gegissten Standort mit

$$h = \arcsin(\sin \delta \times \sin \varphi + \cos \delta \times \cos LHA) = \mathbf{29^\circ 16,5'}$$

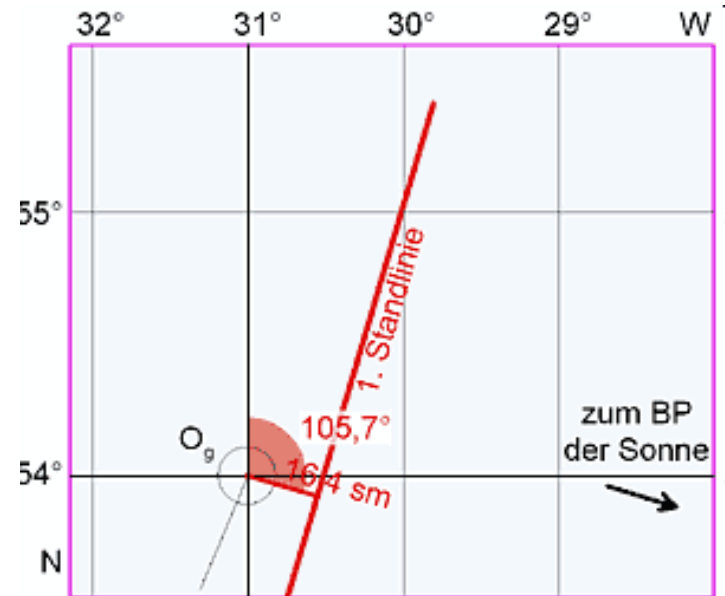
Das ist ein Unterschied zu unserer gemessenen Sonnenhöhe von $16,4' = \text{sm}$, die wir näher an der Sonne sind.

In welcher Richtung befindet sich die Sonne (Azimut der Sonne)?

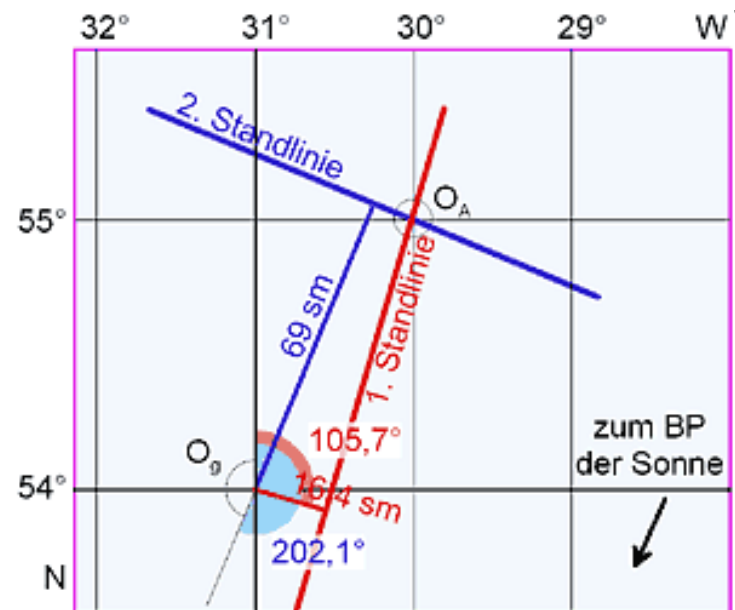
$$Z = \arccos\left(\frac{\sin \delta_{\odot} - \sin \varphi_g \cdot \sin h_c}{\cos h_c \cdot \cos \varphi_g}\right) = 105,7^\circ$$



1. Standlinie



1. und 2. Standlinie
schneiden sich im
Standort



Die vorangegangenen Berechnungen können einfach mit Hilfe des Windows Programms **NauticTools** berechnet werden: Hier für die erste Standlinie.

Die Differenz zwischen gemessener und berechneter Sonnenhöhe muß noch gerechnet werden.

The screenshot shows the NauticTools application window. The main window title is "NauticTools". The menu bar includes "Datei", "Terrestrisch", "Astronavigation", "Sonstiges", "Extras", and "Fenster ?". The toolbar contains various icons for navigation and calculation.

The "Ephemeridenberechnung" panel is active. It shows the following data:

Sonne	Datum	30.04.2005
Mond	Uhrzeit [UT1]	10:00:00
Fixsterne	<input checked="" type="checkbox"/> berechnen	Länge λ : 031°00,0' W
Venus	Ergebnisse Sonne	
Mars	Greenw. Stundenwinkel Grt	330°41,9'
Jupiter	Deklination δ	14°51,9'N
Saturn	Radius r	15,9'
	T Sonne 30.04.2005 T	11:57
	Ortsstundenwinkel t	299°41,9'

The "Berechnete Höhe und Azimut" panel is also active. It shows the following data:

Breite des Koppelortes ϕ	54°00,0' N
Deklination Gestirn δ	14°51,9' N
Ortsstundenwinkel t	299°41,9'
Ergebnisse:	
berechnete Höhe hr	29°16,5'
Azimut Az	105,7°

The status bar at the bottom shows "Berechnete Höhe und Azimut" on the left, and "UTC 25.02.2011 12:06:35" and "ZZ 25.02.2011 13:06:35" on the right.

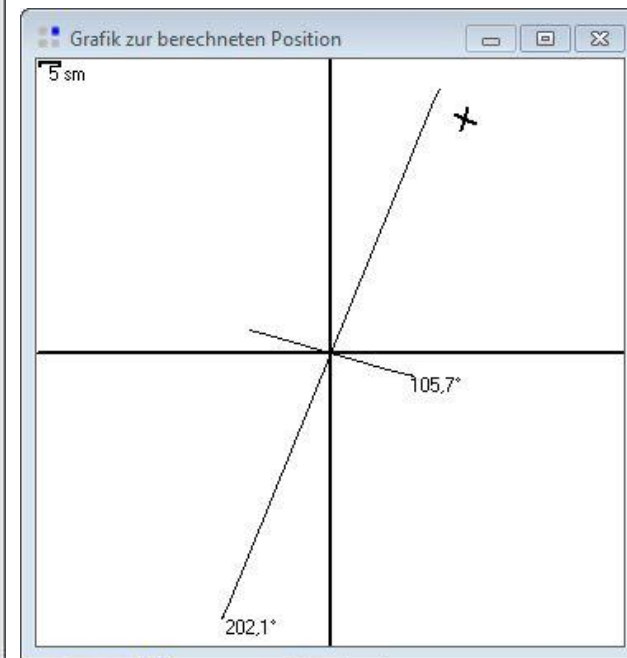
Mit Hilfe des Programms läßt sich natürlich auch der Standort aus 2 oder 3 Messungen berechnen:

Ort aus 2 oder 3 Höhen

1. Standlinie			2. Standlinie																																												
Datum	30.04.2005		Datum	30.04.2005																																											
Koppelort	ϕ 54°00,0' N	λ 031°00,0' W	Koppelort	ϕ 54°00,0' N	λ 031°00,0' W																																										
Uhrzeit [UT1]	10:00:00		Uhrzeit [UT1]	15:00:00																																											
Gestirn:	Sonne - Unterrand		Gestirn:	Sonne - Unterrand																																											
Sextantenablesung	[]		Sextantenablesung	[]																																											
Augeshöhe	3		Augeshöhe	3																																											
Indexberichtigung	0,0		Indexberichtigung	0,0																																											
<table border="1"> <tr> <td>Deklination</td> <td>δ</td> <td>14°51,9'N</td> </tr> <tr> <td>Grw. Stundenwinkel</td> <td>Grt</td> <td>330°41,9'</td> </tr> <tr> <td>Ortsstundenwinkel</td> <td>t</td> <td>299°41,9'</td> </tr> <tr> <td>beobachtete Höhe</td> <td>hb</td> <td>29°33,0'</td> </tr> <tr> <td>berechnete Höhe</td> <td>hr</td> <td>29°16,5'</td> </tr> <tr> <td>Delta Höhe</td> <td>Δh</td> <td>16,5'</td> </tr> <tr> <td>Azimet</td> <td>Az</td> <td>105,7°</td> </tr> </table>			Deklination	δ	14°51,9'N	Grw. Stundenwinkel	Grt	330°41,9'	Ortsstundenwinkel	t	299°41,9'	beobachtete Höhe	hb	29°33,0'	berechnete Höhe	hr	29°16,5'	Delta Höhe	Δh	16,5'	Azimet	Az	105,7°	<table border="1"> <tr> <td>Deklination</td> <td>δ</td> <td>14°55,7'N</td> </tr> <tr> <td>Grw. Stundenwinkel</td> <td>Grt</td> <td>045°42,3'</td> </tr> <tr> <td>Ortsstundenwinkel</td> <td>t</td> <td>014°42,3'</td> </tr> <tr> <td>beobachtete Höhe</td> <td>hb</td> <td>48°08,9'</td> </tr> <tr> <td>berechnete Höhe</td> <td>hr</td> <td>49°16,0'</td> </tr> <tr> <td>Delta Höhe</td> <td>Δh</td> <td>-1°07,1'</td> </tr> <tr> <td>Azimet</td> <td>Az</td> <td>202,1°</td> </tr> </table>			Deklination	δ	14°55,7'N	Grw. Stundenwinkel	Grt	045°42,3'	Ortsstundenwinkel	t	014°42,3'	beobachtete Höhe	hb	48°08,9'	berechnete Höhe	hr	49°16,0'	Delta Höhe	Δh	-1°07,1'	Azimet	Az	202,1°
Deklination	δ	14°51,9'N																																													
Grw. Stundenwinkel	Grt	330°41,9'																																													
Ortsstundenwinkel	t	299°41,9'																																													
beobachtete Höhe	hb	29°33,0'																																													
berechnete Höhe	hr	29°16,5'																																													
Delta Höhe	Δh	16,5'																																													
Azimet	Az	105,7°																																													
Deklination	δ	14°55,7'N																																													
Grw. Stundenwinkel	Grt	045°42,3'																																													
Ortsstundenwinkel	t	014°42,3'																																													
beobachtete Höhe	hb	48°08,9'																																													
berechnete Höhe	hr	49°16,0'																																													
Delta Höhe	Δh	-1°07,1'																																													
Azimet	Az	202,1°																																													
Breite ϕ	54°58,7'N		BV vom Ok der 2. Standlinie																																												
Länge λ	030°02,1'W			29,8°, 67,7 sm																																											

Buttons: Ort aus 2 H, Ort aus 3 H, Grafik, Protokoll, Löschen, Schließen

Da aus den Beispieldaten nichts über Indexberichtigungen hervorgeht, differieren die Werte etwas.



Quellen:

- <http://www.kowoma.de/gps/astronav/index.htm> (Meine Hauptquelle mit den meisten verwendeten Beispielen.)
- <http://www.astrosail.de/de/400000.php?cat=4>
- http://www.tecepe.com.br/nav/inav_c11.htm (eine englische Seite)
- Bobby Schenk, ‚Astro Navigation ohne Formeln – praxisnah‘, Delius Klasing Verlag, 1988, 104 S + Tafeln.
- Walter Stein, Werner Kumm, ‚Astronomische Navigation‘, Delius Klasing Verlag, 1989 223 S.
- Nautisches Jahrbuch 2011 - Ephemeriden und Tafeln, Zur Bestimmung der Zeit, Länge und Breite auf See nach astronomischen Beobachtungen. BSH 2175, 452S, Din A4. (Dies ist das Neueste, es wurden frühere Jahrgänge verwendet.)
- Software: <http://www.nautictools.de/> (Freeware von Markus Eisenbart)

24.2.2011 Werner Lehnberg