

TO Micro-Seminar: Astronavigation für Einsteiger

Satellitennavigation ist aus unserem Alltag kaum mehr wegzudenken.

Astro-Navigation ist auch heute noch eine **wertvolle Ergänzung zur modernen Satelliten-Navigation**. Trotz der weit verbreiteten Nutzung von GNSS-Systemen (**Global Navigation Satellite Systems**) und ihrer hohen Präzision bleibt die Astro-Navigation eine wichtige Backup-Option, um in Notfällen handlungsfähig zu bleiben, insbesondere **bei Störungen oder Ausfällen elektronischer Systeme**.

Astro-Navigation zu Erlernen macht außerdem Spaß, ist leichter als man denkt und stärkt zudem das Vertrauen in die eigenen navigatorischen Fähigkeiten.

Wenn Du weißt wo du bist, kannst Du sein wo du willst !

weltweit nutzbare Satellitennavigationssysteme

Globale Systeme (GNSS) Global Navigation Satellite System	aktive Satelliten	Genauigkeit	Betreiber	Status
GPS (Global Positioning System) das am häufigsten genutzte System	31	zivil: 3 - 10 Meter militärisch: < 1 Meter	USA	Betriebsbeginn 1978, voll funktionsfähig seit 1995
GLONASS (Global Navigation Satellite System) hohe Verfügbarkeit in nördlichen Breitengraden	24	zivil: 5 - 10 Meter militärisch: 2 Meter	Russland	Betriebsbeginn 1982, voll funktionsfähig seit 1996 modernisiert 2011
Galileo <u>höchste zivile Genauigkeit,</u> <u>unabhängig von militärischer Kontrolle</u>	24	zivil: 1 Meter verschlüsselt: 20 cm	EU	Betriebsbeginn: 2016 voll funktionsfähig seit 2020
BeiDou (BDS) (chinesisch „Großer Bär“) starke Integration in Asien-Pazifik	35	zivil: 5 - 10 Meter militärisch: <1 Meter	China	Regionales System seit 2000 (Asien-Pazifik) seit 2020 global ausgebaut

Vergleich Satelliten-Navigation und Astro-Navigation

	Astro-Navigation	Satelliten-Navigation
Genauigkeit	typische Genauigkeit liegt bei etwa 1- 3 Seemeilen, abhängig von der Präzision der Messungen und der Erfahrung des Navigators	sehr hohe Genauigkeit, oft im Bereich von wenigen Metern

Vergleich Satelliten-Navigation und Astro-Navigation

	Astro-Navigation	Satelliten-Navigation
Genauigkeit	typische Genauigkeit liegt bei etwa 1- 3 Seemeilen, abhängig von der Präzision der Messungen und der Erfahrung des Navigators	sehr hohe Genauigkeit, oft im Bereich von wenigen Metern
Vorteile	<ul style="list-style-type: none">◆ unabhängig von externer Infrastruktur◆ keine elektronischen Geräte erforderlich◆ funktioniert auch ohne Strom	<ul style="list-style-type: none">◆ funktioniert unabhängig von der Sichtbarkeit des Himmels (z. B. bei Bewölkung und in der Nacht)◆ sehr genau, schnell und benutzerfreundlicherfordert keine speziellen Kenntnisse oder Schulung

Vergleich Satelliten-Navigation und Astro-Navigation

	Astro-Navigation	Satelliten-Navigation
Genauigkeit	typische Genauigkeit liegt bei etwa 1- 3 Seemeilen, abhängig von der Präzision der Messungen und der Erfahrung des Navigators	sehr hohe Genauigkeit, oft im Bereich von wenigen Metern
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ◆ unabhängig von externer Infrastruktur ◆ keine elektronischen Geräte erforderlich ◆ funktioniert auch ohne Strom 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ funktioniert unabhängig von der Sichtbarkeit des Himmels (z. B. bei Bewölkung und in der Nacht) ◆ sehr genau, schnell und benutzerfreundlich erfordert keine speziellen Kenntnisse oder Schulung
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ◆ erfordert klares Wetter und Sicht auf Himmelskörper und den Horizont ◆ zeitaufwändig und weniger präzise ◆ erfordert Schulung und Übung ◆ kann durch Wetterbedingungen oder menschliche Fehler beeinträchtigt werden 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ erfordert einen Satellitenempfänger ◆ abhängig von Satellitensignalen ◆ funktioniert nicht bei Ausfall der Stromversorgung ◆ kann durch Störungen beeinträchtigt werden

Vergleich Satelliten-Navigation und Astro-Navigation

	Astro-Navigation	Satelliten-Navigation
Genauigkeit	typische Genauigkeit liegt bei etwa 1- 3 Seemeilen, abhängig von der Präzision der Messungen und der Erfahrung des Navigators	sehr hohe Genauigkeit, oft im Bereich von wenigen Metern
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ◆ unabhängig von externer Infrastruktur ◆ keine elektronischen Geräte erforderlich ◆ funktioniert auch ohne Strom 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ funktioniert unabhängig von der Sichtbarkeit des Himmels (z. B. bei Bewölkung und in der Nacht) ◆ sehr genau, schnell und benutzerfreundlich erfordert keine speziellen Kenntnisse oder Schulung
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ◆ erfordert klares Wetter und Sicht auf Himmelskörper und den Horizont ◆ zeitaufwändig und weniger präzise ◆ erfordert Schulung und Übung ◆ kann durch Wetterbedingungen oder menschliche Fehler beeinträchtigt werden 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ erfordert einen Satellitenempfänger ◆ abhängig von Satellitensignalen ◆ funktioniert nicht bei Ausfall der Stromversorgung ◆ kann durch Störungen beeinträchtigt werden
Fazit	Backup-Option in Notfällen und bei Systemausfällen	Standardverfahren für moderne Navigationsanwendungen

Störungen der Satelliten-Navigation: Alternative Astro-Navigation?

Störungen im Satellitenempfang sind nichts Ungewöhnliches und können zum Beispiel auch durch **starke Sonnenaktivitäten** hervorgerufen werden.

Neben Störungen durch **atmosphärische Bedingungen** und **technischen Problemen** gab es im Ostseeraum im letzten Jahr immer wieder Berichte über gezielte Störungen der Satelliten-Navigation durch **Störsender**, welche die Genauigkeit und Verfügbarkeit von GPS-Signalen beeinträchtigen können.

GPS-Plotter arbeiten dann nicht mehr oder mit teils erheblichen Abweichungen. Auch Systeme wie AIS (Automatic Identification System), DSC-Notrufe und Seenotsender (MOB, PLB (Personal Locator Beacon) bzw. EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon), die auf GPS-Daten basieren sind von den Störungen betroffen.

Störungen der Satelliten-Navigation: Alternative Astro-Navigation?

Die zunehmende Unzuverlässigkeit von GPS-Systemen hat die Bedeutung traditioneller Navigationshilfen wie Tonnen, Baken und Leuchfeuer wieder in den Vordergrund gerückt. Diese analogen Seezeichen bieten eine wertvolle Reserve und Alternative zur digitalen Navigationstechnologie.

Aktuelle Papier-Seekarten und ein traditionelles **Navigationsbesteck** sowie **Kompass, Peilkompass, Fernglas** und ggf. **Sextant** sollten in jedem Falle an Bord sein.

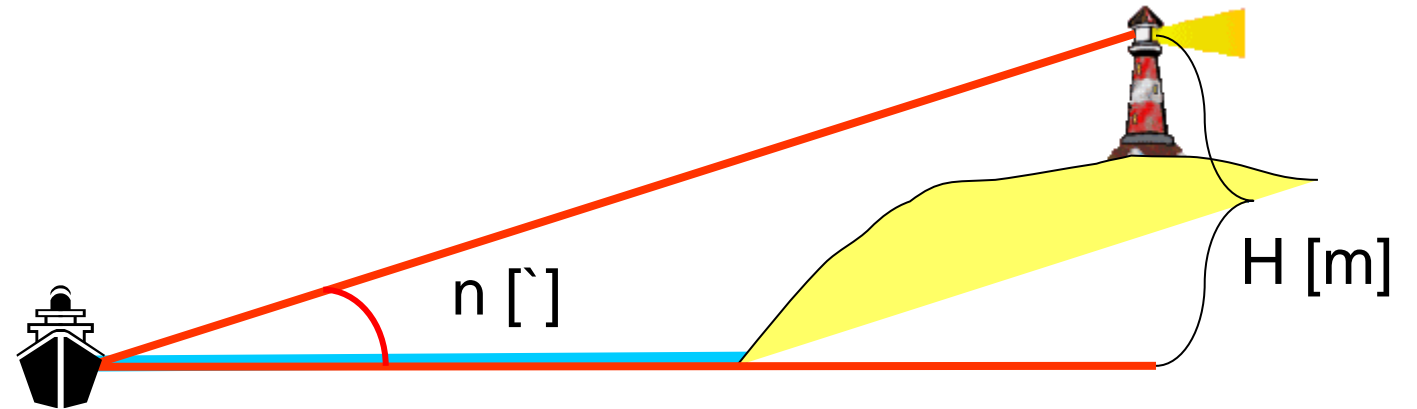
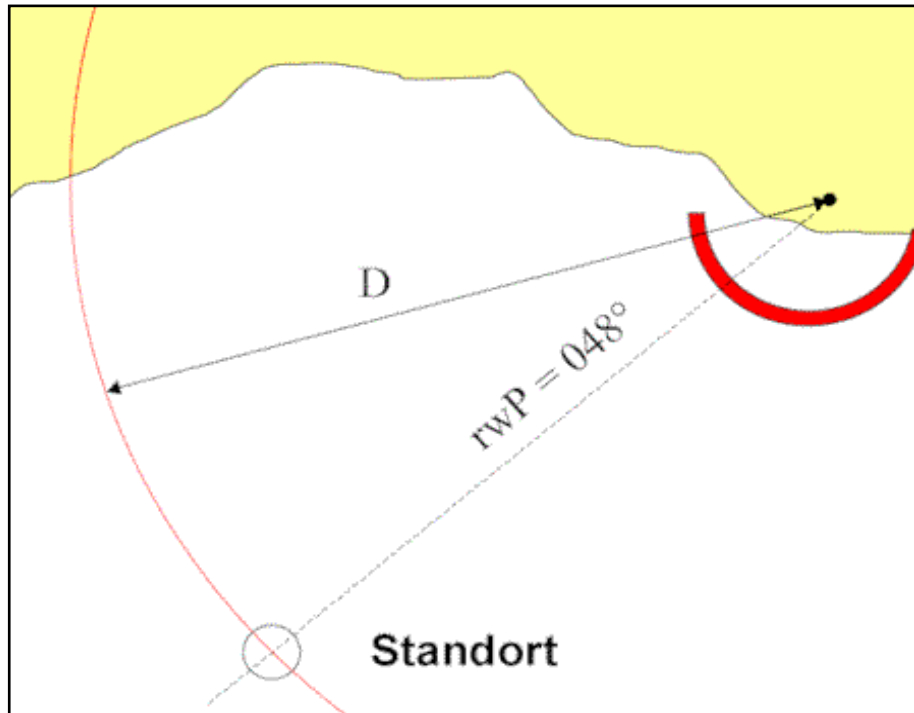


Bevor die modernen Satelliten-Navigationssysteme entwickelt wurden, nutzte man die Astro-Navigation.



Wie funktioniert Astronavigation eigentlich?

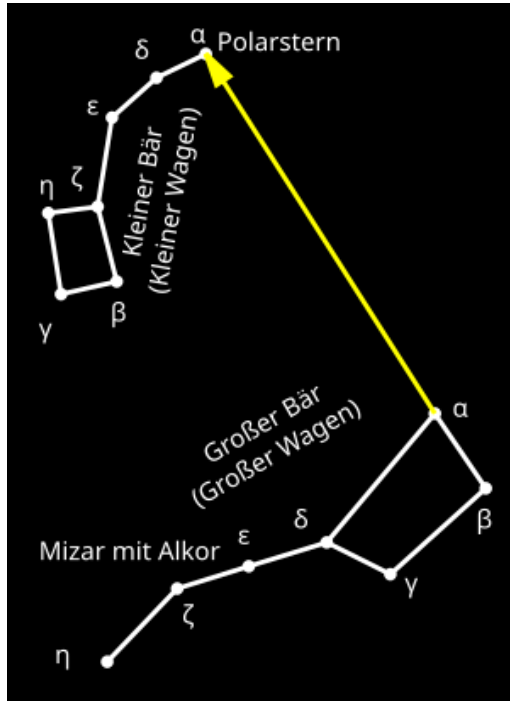
Eigentlich genau wie bei der terrestrischen Höhenwinkelmessung. Hierbei verwendet man einen Leuchtturm bekannter Höhe als Orientierungspunkt, misst den Winkel (Höhenwinkel) zwischen Wasserlinie und dem Leuchtfeuer und bestimmt aus der Höhe des Leuchtfeuers (Leuchtfeuerverzeichnis + gegebenenfalls Höhe der Gezeit) den Abstand vom Leuchtturm.



$$D \text{ [sm]} = \frac{13}{7} \times \frac{H \text{ [m]}}{n \text{ [°]}}$$

Bestimmung der Nordsternbreite

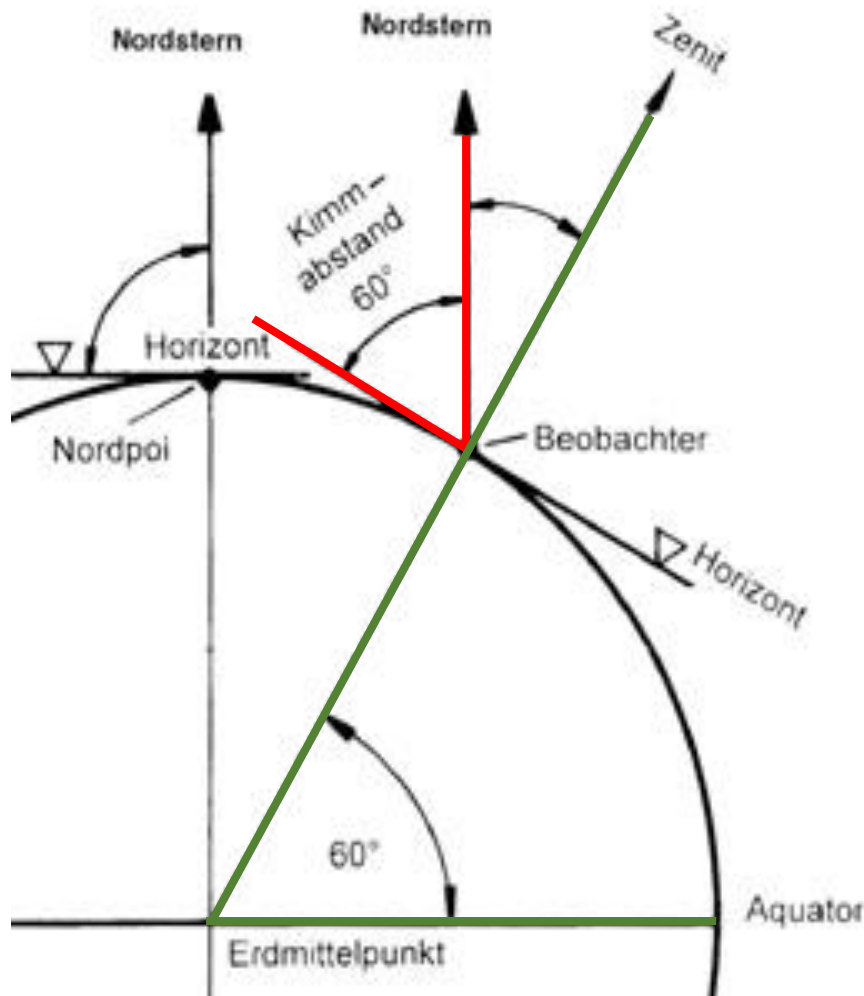
Der Nordstern „Stella Polaris“ ist der hellste Stern im Sternbild Kleiner Bär (auch Kleiner Wagen genannt) und lässt sich sehr leicht am Nachthimmel finden.



Der Nordstern steht fast in der Verlängerung der Erdachse (DEC $89^{\circ} 15,85' N$) ist also nur etwa $0,7^{\circ}$ vom Himmelsnordpol entfernt und daher auf der Nordhalbkugel der Erde ganzjährig sichtbar (zirkumpolar), auf der Südhalbkugel hingegen nie.

Als einziger Stern am Nachthimmel scheint er sich nicht zu bewegen und es sieht so aus, als ob alle anderen Sterne um den Nordstern herum kreisen.

Bestimmung der Nordsternbreite



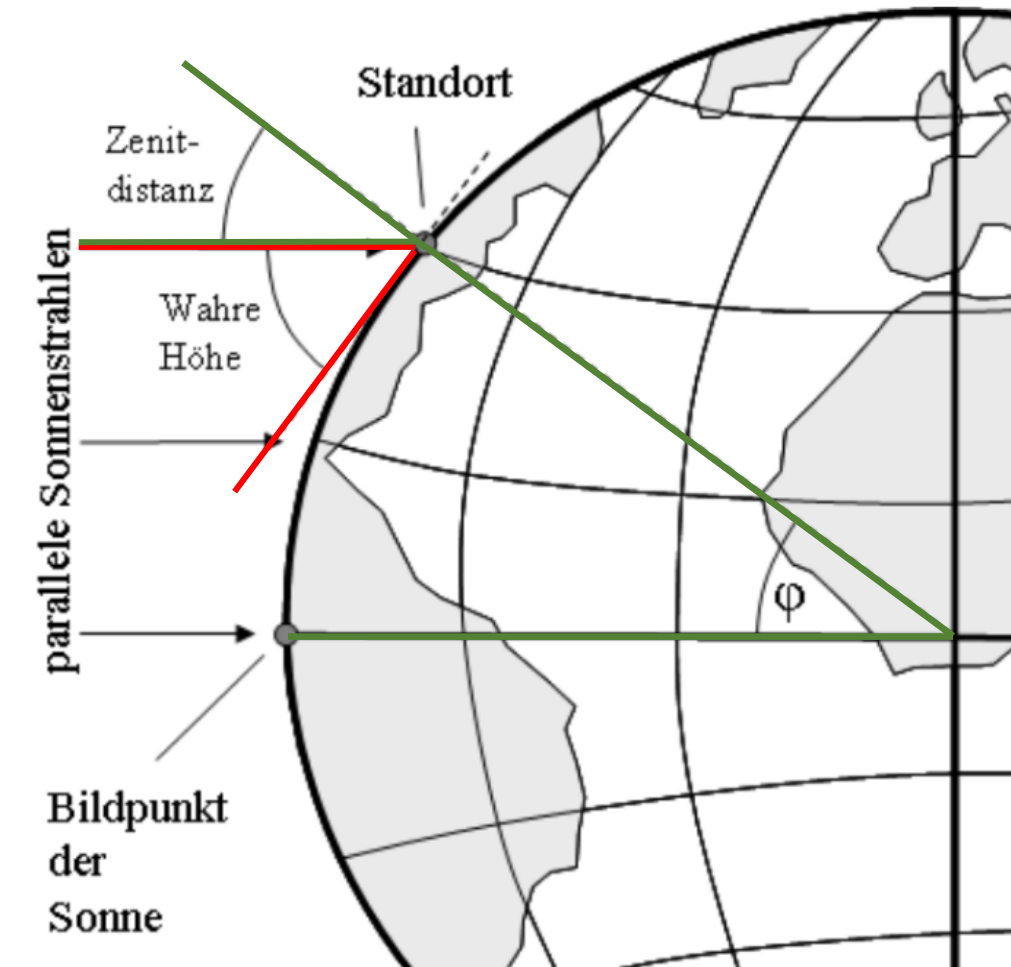
Gehen wir der Einfachheit halber einmal davon aus, dass der Nordstern exakt in der Verlängerung des Nordpols steht. Wichtig für das Verständnis ist ferner, dass die Lichtstrahlen eines Gestirns auf Grund der großen Entfernung parallel auf die Erde auftreffen.

Messen wir mit dem Sextanten also den Kimmabstand und bestimmen daraus den **Höhenwinkel des Nordsterns**, dann ist der gemessene Winkel (Wechselwinkel an Parallelen) **gleich dem Breitengrad des Beobachters**.

Leider steht der Nordstern nicht exakt über dem Nordpol. Er ist etwa um $0,7^\circ$ ($44,15'$) davon entfernt. Berichtigungstabellen findet man im Nautischen Jahrbuch. Dieses Problem ist also lösbar.

Das größere Problem besteht darin, dass der Nordstern in der Dämmerung kaum sichtbar ist und nachts wenn man ihn leicht am Sternhimmel findet, ist der Horizont nicht erkennbar.

Bestimmung der Mittagsbreite

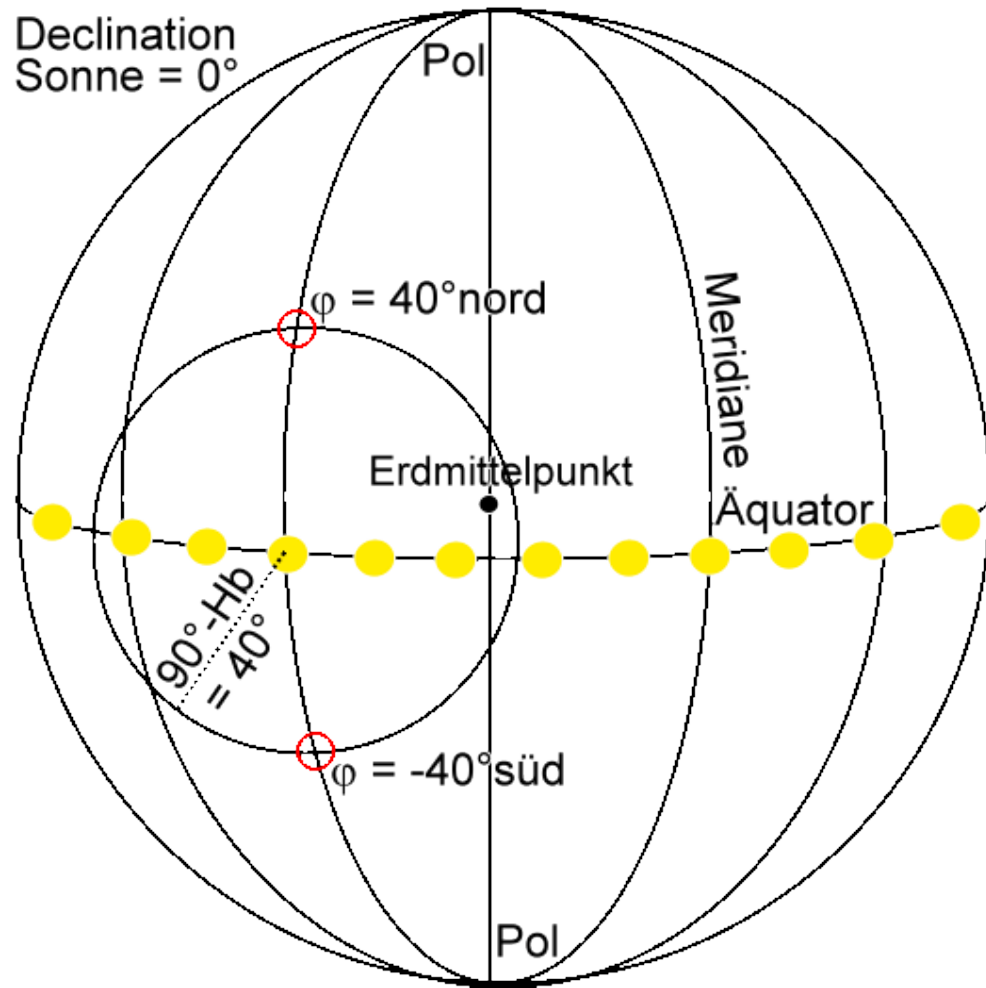


Leichter als den Nordstern findet man die Sonne am Himmel. Eine Verwechslungsgefahr wie bei Sternen und Planeten besteht nicht und der Horizont ist tagsüber gut sichtbar. **Die Sonne ist deshalb das am meisten genutzte Navigationsgestirn.**

Die Abstandsbestimmung zum Leuchtturm Sonne d.h. zum sogenannten Bildpunkt der Sonne, also dem Ort, an dem die Sonne exakt senkrecht über der Erdoberfläche steht, ist viel einfacher als in der Terrestrischen Navigation.

Mit dem Sextanten messen wir den sogenannten Kimmabstand (daraus bestimmt man dann die wahre Höhe). Die Ergänzung zu 90° ergibt die sogenannte Zenitdistanz (Z). Dieser Winkel umgewandelt in Seemeilen (wobei $1^\circ = 60$ Minuten genau 60 sm auf der Erdoberfläche entsprechen) ergibt bereits unmittelbar die Entfernung vom Bildpunkt in sm. Da die Sonne Mittags genau im Süden (oder Norden) - und somit auf demselben Meridian - steht ergibt sich aus der gemessenen Zenitdistanz bereits die geographische Breite (Mittagsbreite).

Bestimmung der Mittagsbreite



Am 20.03.2025 (Frühlingsanfang) und 22.09.2025 (Herbstanfang) steht die Sonne Mittags exakt über den Äquator und die Deklination (DEC) der Sonne ist an diesen beiden Tagen 0° .

Rechenbeispiel:

gemessene größte Höhe (H_b) (Schiffsmittag): 50°

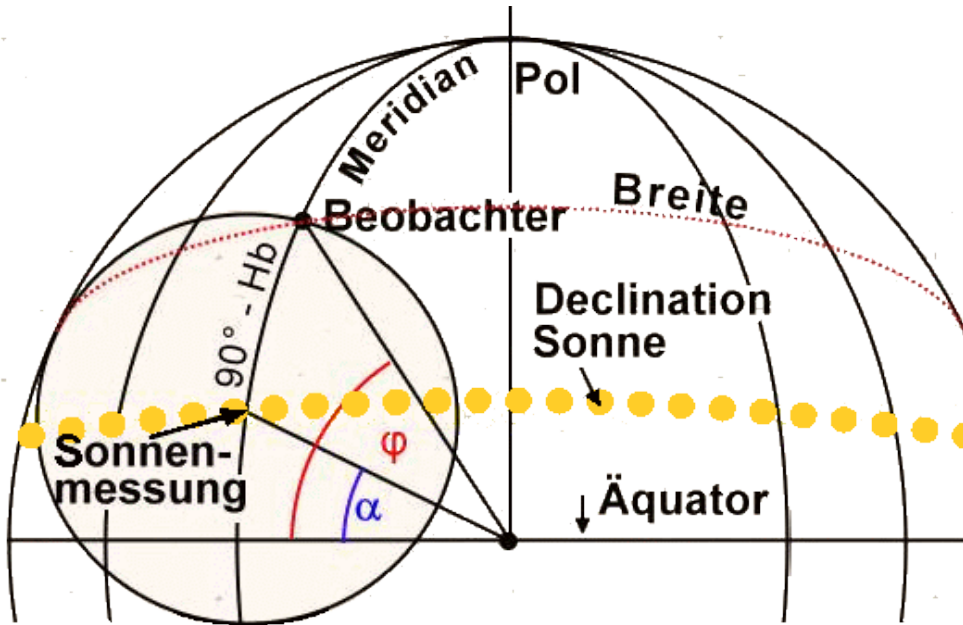
die Zenitdistanz (Z) = $90^\circ - H_b$ beträgt dann: 40°

Was bereits unmittelbar der geographischen Breite (Mittagsbreite) des Beobachters entspricht, da die Deklination der Sonne 0° beträgt

Aus der Zenitdistanz (Z) 40° lässt sich ganz leicht auch der Abstand zum Bildpunkt der Sonne errechnen (wobei $1^\circ = 60$ Minuten genau 60 sm auf der Erdoberfläche entsprechen)

Eine Zenitdistanz (Z) von 40° bedeutet also, dass man $40 \times 60 = 2.400$ sm vom Bildpunkt der Sonne entfernt ist.

Bestimmung der Mittagsbreite



Was aber wenn die Sonne nicht exakt über dem Äquator steht ?

Rechenbeispiel:

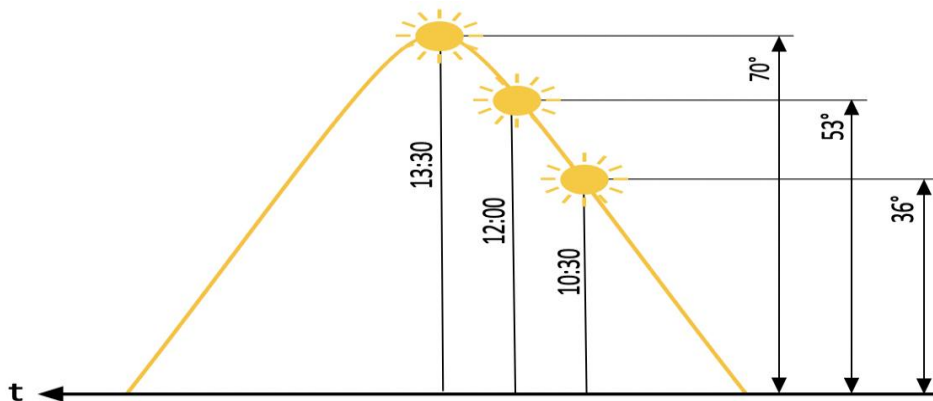
Am 16.04.2025 steht die Sonne um 12 Uhr UTC auf **10° 18,7' N (DEC)**

gemessene größte Höhe (H_b) (Schiffsmittag): $50^\circ 00,0'$

die Zenitdistanz (Z) = $90^\circ - H_b$ beträgt dann: $40^\circ 00,0'$

hierzu addiert man jetzt noch die Deklination (DEC) $10^\circ 18,7' N$

und erhält die Mittagsbreite φ $50^\circ 18,7' N$



Voraussetzung ist, dass sich die Sonne und der Beobachter auf dem **gleichen Meridian** befinden. Was genau dann der Fall ist, wenn die Sonne zum Zeitpunkt der sogenannten **Kulmination** ihren höchsten Stand erreicht und genau im Süden (oder Norden) steht).

woher kenne ich aber die Deklination (DEC) der Sonne

Van de Declinatie der Sonne, na den Nieuwen-stijl.
 Het tweede Jaer na't **SCHRICKEL-JAER**.

January.	Februar.	Maert.	April.	May.	Juny.	July.	August.	Septemb.	October.	Novemb.	Decemb.
da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.	da. gr. mi.
1 23. 3	1 16.58	1 7.23	1 4.46	1 15.15	1 22.11	1 23.11	1 18. 2	1 8.13	1 3.19	1 14.38	1 21.59
2 23.57	2 16.41	2 7. 0	2 5.10	2 15.33	2 22.18	2 23. 7	2 17.47	2 7.51	2 3.43	2 15.57	2 22. 8
3 22.51	3 16.23	3 6.37	3 5.33	3 15.51	3 22.25	3 23. 2	3 17.31	3 7.29	3 4. 6	3 15.16	3 22.16
4 22.45	4 16. 5	4 6.14	4 5.56	4 16. 8	4 22.32	4 22.57	4 17.15	4 7. 7	4 4.29	4 15.34	4 22.24
5 22.38	5 15.46	5 5.51	5 6.18	5 16.25	5 22.39	5 22.57	5 16.59	5 6.45	5 4.53	5 15.33	5 22.32
6 22.31	6 15.28	6 5.27	6 6.41	6 16.42	6 22.46	6 22.45	6 16.42	6 6.23	6 5.16	6 16.11	6 22.39
7 22.23	7 15. 9	7 5. 4	7 7. 3	7 16.59	7 22.52	7 22.39	7 16.25	7 6. 0	7 5.39	7 16.29	7 22.46
8 22.15	8 14.50	8 4.41	8 7.26	8 17.15	8 23.57	8 22.32	8 16. 8	8 5.27	8 6. 2	8 16.47	8 22.52
9 22. 6	9 14.31	9 4.17	9 7.48	9 17.31	9 23. 2	9 22.25	9 15.51	9 5.15	9 6.25	9 17. 4	9 22.58
10 21.57	10 14.11	10 3.53	10 8.10	10 17.47	10 23. 7	10 22.18	10 15.34	10 4.52	10 6.48	10 17.21	10 23. 3
11 21.47	11 13.51	11 3.29	11 8.32	11 18. 3	11 23.11	11 22.10	11 15.16	11 4.29	11 7.11	11 17.38	11 23. 8
12 21.37	12 13.31	12 3. 6	12 8.54	12 18.18	12 23.15	12 22. 2	12 14.58	12 4. 6	12 7.34	12 17.54	12 23.12
13 21.27	13 13.11	13 2.42	13 9.16	13 18.33	13 23.19	13 21.53	13 14.40	13 3.43	13 7.57	13 18.10	13 23.16
14 21.16	14 12.50	14 2.18	14 9.37	14 18.47	14 23.22	14 21.44	14 14.21	14 3.20	14 8.19	14 18.26	14 23.20
15 21. 5	15 12.30	15 1.55	15 9.59	15 19. 2	15 23.25	15 21.35	15 14. 2	15 2.57	15 8.41	15 18.41	15 23.23
16 20.53	16 12. 9	16 1.31	16 10.20	16 19.16	16 23.27	16 21.25	16 13.43	16 2.33	16 9. 4	16 18.56	16 23.26
17 20.41	17 11.41	17 1. 7	17 10.41	17 19.29	17 23.29	17 21.15	17 13.24	17 2.10	17 9.26	17 19.11	17 23.28
18 20.29	18 11.27	18 0.43	18 11. 1	18 19.42	18 23.30	18 21. 4	18 13. 4	18 1.46	18 9.48	18 19.25	18 23.30
19 20.16	19 11. 5	19 0.20	19 11.81	19 19.55	19 23.31	19 20.53	19 12.45	19 1.23	19 10.10	19 19.39	19 23.31
20 20. 3	20 10.44	20 0. 4	20 11.43	20 20.11	20 23.32	20 20.42	20 12.25	20 0.59	20 10.31	20 19.53	20 23.32
21 19.50	21 10.22	21 0.28	21 12. 3	21 20.20	21 23.32	21 20.31	21 12. 5	21 0.36	21 10.53	21 20. 6	21 23.33
22 19.36	22 10. 0	22 0.15	22 12.23	22 20.32	22 23.31	22 20.19	22 11.44	22 0.12	22 11.14	22 20.19	22 23.32
23 19.22	23 9.38	23 0.51	23 12.43	23 20.44	23 23.31	23 20.07	23 11.24	23 0.11	23 11.35	23 20.32	23 23.31
24 19. 7	24 9.16	24 1.39	24 13. 3	24 20.55	24 23.30	24 19.54	24 11. 4	24 0.35	24 11.56	24 20.44	24 23.29
25 18.52	25 8.54	25 2. 2	25 13.23	25 21. 6	25 23.29	25 19.41	25 10.43	25 0.58	25 12.17	25 20.56	25 23.28
26 18.37	26 8.31	26 2.26	26 13.42	26 21.17	26 23.27	26 19.28	26 10.22	26 1.22	26 12.38	26 21. 8	26 23.26
27 18.21	27 8. 8	27 2.40	27 14. 1	27 21.27	27 23.25	27 19.15	27 10. 1	27 1.45	27 12.58	27 21.19	27 23.23
28 18. 5	28 7.46	28 3.13	28 14.20	28 21.36	28 23.22	28 19. 1	28 9.40	28 2. 9	28 13.18	28 21.30	28 23.20
29 17.49	29 3.36	29 3.36	29 14.39	29 21.45	29 23.19	29 18.47	29 9.19	29 2.32	29 13.38	29 21.40	29 23.17
30 17.32	30 3.59	30 3.59	30 14.57	30 21.54	30 23.15	30 18.32	30 8.57	30 2.56	30 13.58	30 21.50	30 23.13
31 17.15	31 4.23	31 4.23	31 22. 3	31 22. 3	31 22. 3	31 18.17	31 8.35	31 3.11	31 14.18	31 22. 9	31 23. 9

Die Deklinationstafel Amsterdam aus dem Jahr 1674 liefert für Deklination der Sonne am 16.04. den Wert 10°20'N. Aus dem Nautischen Jahrbuch erhält man für den 16.04.2024 um 12.00 Uhr UTC den genauen Wert 10°18,7'N

Nautisches Jahrbuch 2025

Sonne			
UT1	Grt		δ deklination
	°	'	
0	180	2,6	10 8,1 N
1	195	2,7	9,0
2	210	2,9	9,9
3	225	3,0	10,8
4	240	3,2	11,6
5	255	3,3	12,5
6	270	3,5	10 13,4 N
7	285	3,6	14,3
8	300	3,8	15,2
9	315	3,9	16,1
10	330	4,1	16,9
11	345	4,2	17,8
12		4,3	10 18,7 N
13	15	4,5	19,6
14	30	4,6	20,5
15	45	4,8	21,4
16	60	4,9	22,2
17	75	5,1	23,1
18	90	5,2	10 24,0 N
19	105	5,4	24,9
20	120	5,5	25,8
21	135	5,7	26,6
22	150	5,8	27,5
23	165	5,9	28,4
24	180	6,1	10 29,3 N

Tag	16
Monat	April
Mittwoch	

Frühlp.		
UT1	γ Grt	
	°	'
0	204	23,6
1	219	26,0
2	234	28,5
3	249	30,9
4	264	33,4
5	279	35,9
6	294	38,3
7	309	40,8
8	324	43,3
9	339	45,7
10	354	48,2
11	9	50,7
12	24	53,1
13	39	55,6
14	54	58,1
15	70	0,5
16	85	3,0
17	100	5,4
18	115	7,9
19	130	10,4
20	145	12,8
21	160	15,3
22	175	17,8
23	190	20,2
24	205	22,7

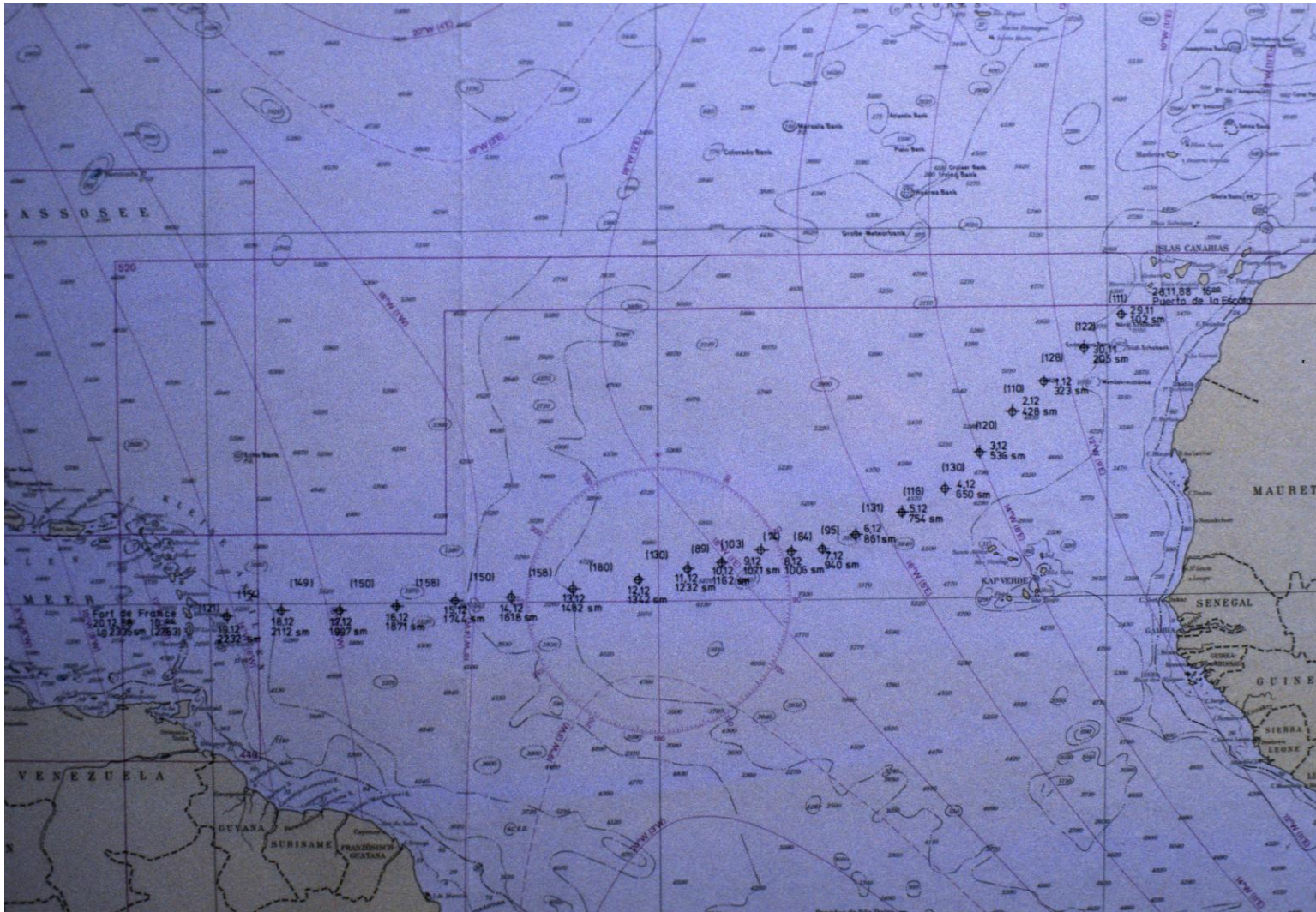
Meridiandurchgang der Sonne (Greenwich):
 11 h 59 m 43 s UT1

Breite	nautische Dämmerung		Sonnenauf.	
	h	m	h	m
52° N	3	39	4	24
50° N	3	47	4	30
45° N	4	5	4	42
40° N	4	18	4	52
35° N	4	29	5	0
30° N	4	38	5	7
20° N	4	52	5	18
10° N	5	3	5	28
Aquator	5	11	5	35
10° S	5	18	5	42

Breite	Sonnenunter.		nautische Dämmerung	
	h	m	h	m
52° N	18	59	19	35
50° N	18	55	19	30
45° N	18	47	19	17
40° N	18	39	19	7
35° N	18	33	18	59
30° N	18	28	18	52
20° N	18	19	18	41
10° N	18	11	18	32
Aquator	18	3	18	24
10° S	17	56	18	17

r : 1/2 sonnendurchmesser 15,94'

Breitensegeln (engl. "latitude sailing")



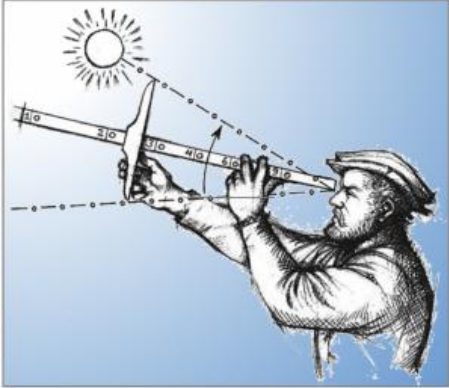
Solange das erst Mitte des 18. Jahrhunderts durch eine genaue Zeitmessung gelöst wurde, war die Bestimmung der Länge unmöglich, was Breitensegeln die einzige Methode der astronomischen Navigation machte.

Die aktuelle geographische Breite kann relativ einfach über eine Messung der Höhe des Polarsterns über dem Horizont oder durch die Bestimmung der Mittagsbreite festgestellt werden.

Entwickelt wurde diese Methode in Portugal im Laufe des 15. Jahrhunderts anlässlich der Entdeckungsfahrten entlang der westafrikanischen Küste.

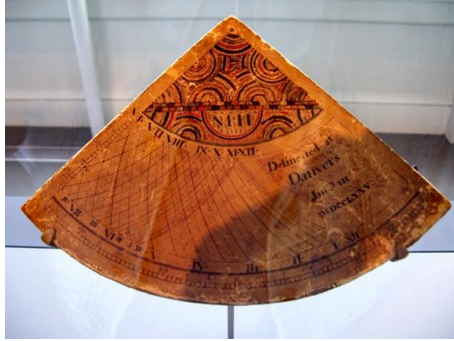
Höhenwinkelmessung

Jakobstab



Ein Ende des Stabes wurde an das Auge gehalten, mit dem anderen Ende das Gestirn angepeilt. Das Querstück wurde so verschoben, dass es genau zwischen Horizont und Gestirn passte. Der Höhenwinkel konnte dann am Schaft des Stabes abgelesen werden

Quadrant



Ein aus Holz oder Metall ausgeschnittener Viertelkreis, mit dem man durch ein Visierloch ein Gestirn anpeilen konnte. Auf der Scheibe wurde lotrecht der Winkel abgelesen

Astrolabium



Es wurde mit einem Bändsel aufgehängt, und war damit lotrecht zum Horizont .

Mit dem Ableseschieber wurde das Gestirn angepeilt und der Winkel auf der Gradeinteilung abgelesen

Oktant



Der Oktant ist der Vorgänger des modernen Sextanten. Er sitzt auf einem Achtelkreis, wodurch Messungen bis 90° möglich sind. Ein Nonius erlaubt eine Auflösung von 10 Winkelminuten.

Sextant



Ein sehr genau gehendes Winkelmessinstrument ($1/60^\circ$). Als Erfinder gilt der Optiker John Hadley, der 1731 der Royal Society in London ein Holzmodell vorstellte. Die Anregung zum Spiegelsextanten soll jedoch von Isaak Newton ausgegangen sein.

Die Beschickung des Sextanten

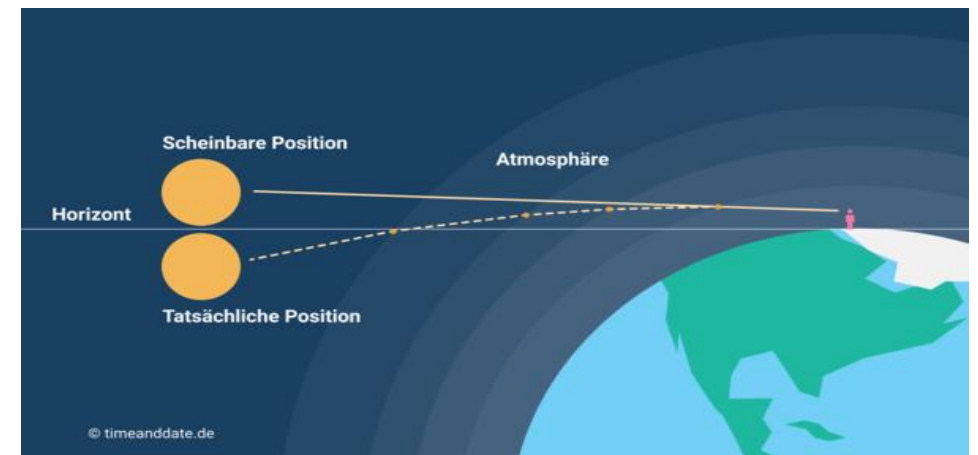
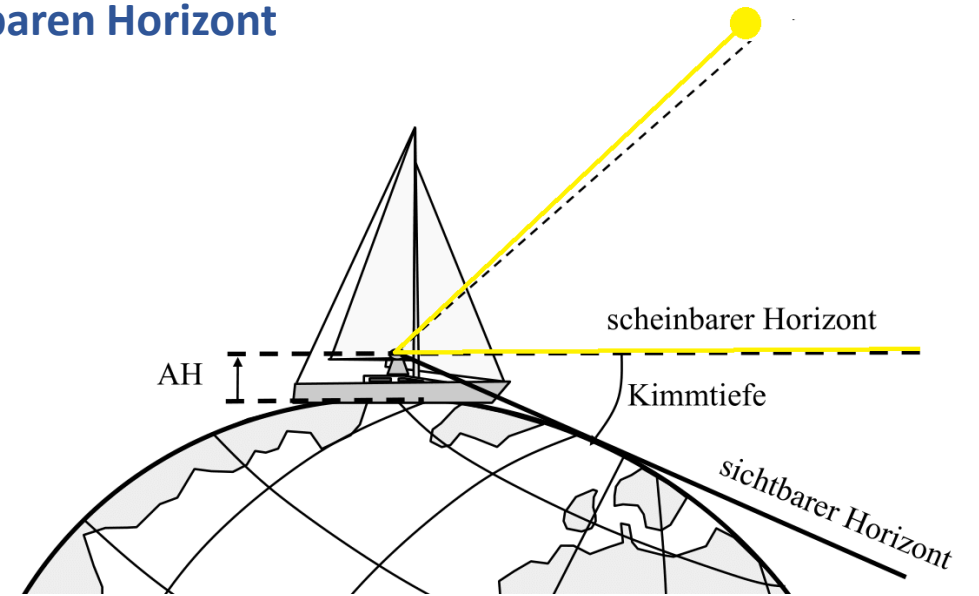
Der mit dem Sextanten gemessene **Höhenwinkel H_b** zwischen dem **sichtbaren Horizont** (der sogenannten **Kimm**) und dem Gestirn muss noch korrigiert werden.

Bei der Beobachtung von Sonne und Mond muss zunächst der halbe **Durchmesser des Gestirns** hinzugefügt oder abgezogen werden, je nachdem ob man die Unter- oder Oberkante beobachtet hat.

Die Höhe des Beobachters über dem Meeresspiegel, die sogenannten Augeshöhe muss ebenfalls noch berücksichtigt werden, da der Winkel sonst um die **Kimmtiefe** zu groß gemessen wird.

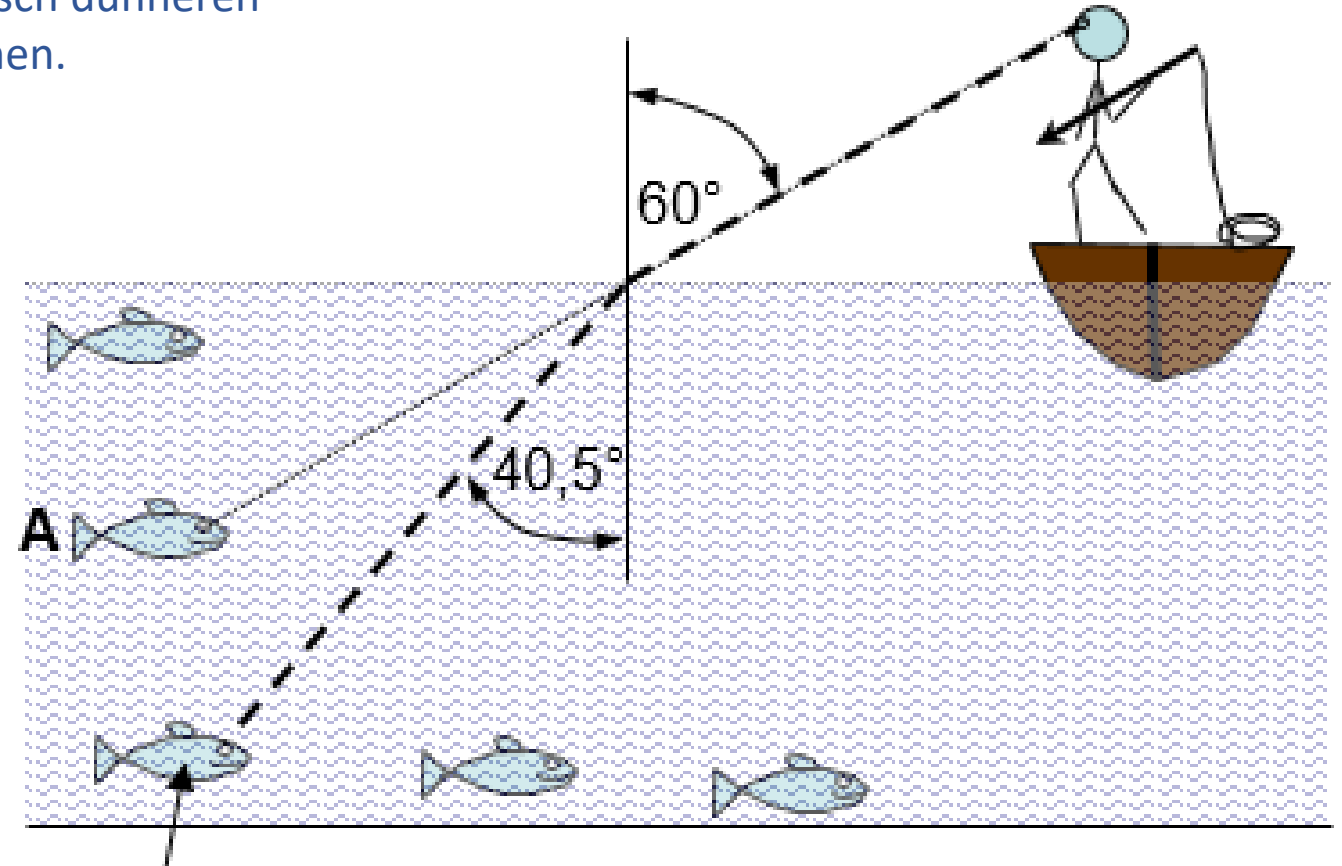
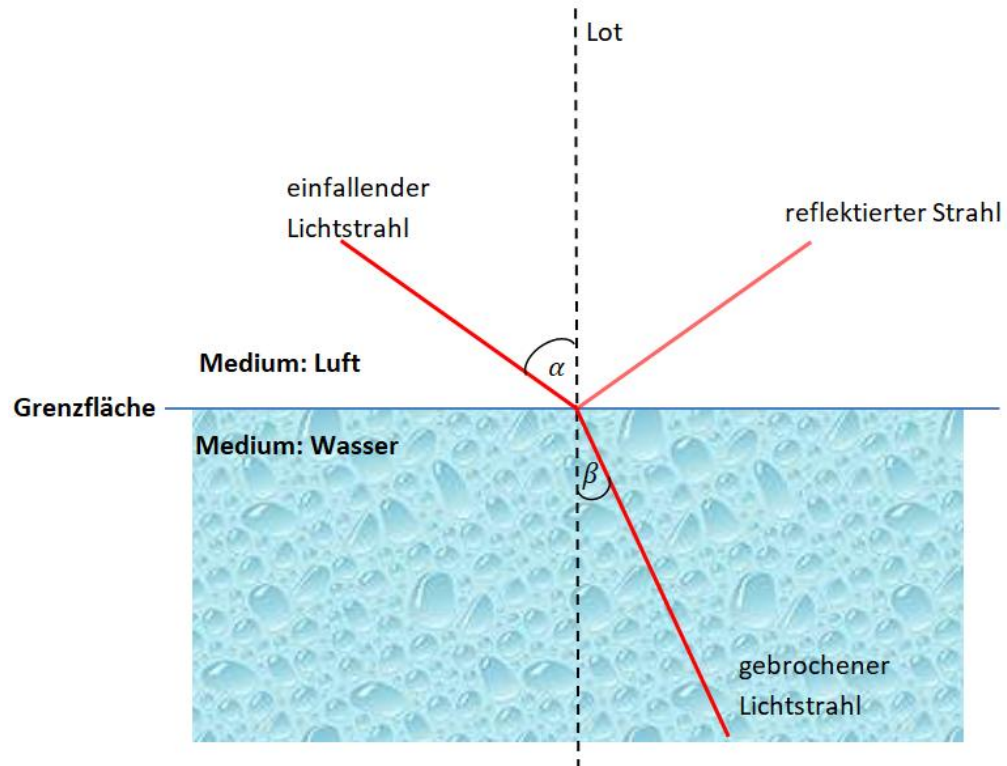
Die Lichtstrahlen der Gestirne werden in der Atmosphäre gebrochen. Diesen Effekt nennt man **Refraktion**, und er ist umso stärker, je tiefer das Gestirn steht. Wenn die Sonne scheinbar untergeht, ist sie in Wahrheit schon etwa $0,6^\circ$ tiefer. **Die Refraktion und hängt von Lufttemperatur und -druck ab.** Deshalb vertraut der Navigator einer Messung bei Kimmabstand unter 10 Grad nur eingeschränkt. Für Messungen im Zenit ist dagegen die Refraktion 0° .

Bei der Beobachtung von **Planeten (Korrekturen bis etwa $0,5'$)** und besonders **beim Mond (Korrekturen bis zu $1^\circ 02'$)** muss noch die sogenannte Horizontalparalaxe berücksichtigt werden.



Refraktion

Lichtstrahlen werden beim Übergang von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium zum Lot hin gebrochen.



Das wäre ihr Abendessen gewesen, aber leider im Physikunterricht nicht aufgepasst.

Gesamtbeschickung für den Kimmabstand des Sonnenunterrandes

Gemessene Höhenkorrekturen

Kimmtiefe (dip. corr.) " i " "			
Höhe in Metern	i	Höhe in Metern	i

Höhe in Metern	i	Höhe in Metern	i
0,00	0,0	10,71	-5,8
0,46	-1,2	11,08	-5,9
0,54	-1,3	11,46	-6,0
0,63	-1,4	11,84	-6,1
0,72	-1,5	12,23	-6,2
0,82	-1,6	12,63	-6,3
0,92	-1,7	13,04	-6,4
1,03	-1,8	13,45	-6,5
1,15	-1,9	13,86	-6,6
1,28	-2,0	14,29	-6,7
1,40	-2,1	14,72	-6,8
1,54	-2,2	15,15	-6,9
1,68	-2,3	15,59	-7,0
1,83	-2,4	16,05	-7,1
1,99	-2,5	16,50	-7,2
2,15	-2,6	16,96	-7,3
2,32	-2,7	17,43	-7,4
2,49	-2,8	17,90	-7,5
2,68	-2,9	18,38	-7,6
2,87	-3,0	18,87	-7,7
3,06	-3,1	19,37	-7,8
3,26	-3,2	19,87	-7,9
3,47	-3,3	20,37	-8,0
3,68	-3,4	20,89	-8,1
3,90	-3,5	21,40	-8,2
4,13	-3,6	21,93	-8,3
4,36	-3,7	22,46	-8,4
4,60	-3,8	22,99	-8,5
4,84	-3,9	23,54	-8,6
5,10	-4,0	24,09	-8,7
5,35	-4,1	24,65	-8,8
5,61	-4,2	25,22	-8,9
5,88	-4,3	25,78	-9,0
6,17	-4,4	26,94	-9,2
6,45	-4,5	28,12	-9,4
6,74	-4,6	29,33	-9,6
7,04	-4,7	30,57	-9,8
7,34	-4,8	31,82	-10,0
7,64	-4,9	33,11	-10,2
7,96	-5,0	34,42	-10,4
8,28	-5,1	35,76	-10,6
8,61	-5,2	37,12	-10,8
8,94	-5,3	38,51	-11,0
9,29	-5,4	39,92	-11,2
9,63	-5,5	41,36	-11,4
9,98	-5,6	42,83	-11,6
10,34	-5,7	44,32	-11,8

Astronomische Brechung " r "	
gemessene Höhe	r

gemessene Höhe	r
0	-3,4
15 16	-3,3
15 41	-3,3
16 8	-3,2
16 37	-3,1
17 7	-3,0
17 38	-2,9
18 12	-2,8
18 48	-2,7
19 26	-2,6
20 7	-2,5
20 51	-2,4
21 38	-2,3
22 29	-2,2
23 24	-2,1
24 23	-2,0
25 26	-1,9
26 35	-1,8
27 51	-1,7
29 14	-1,6
30 44	-1,5
32 23	-1,4
34 13	-1,3
36 15	-1,2
38 31	-1,1
41 3	-1,0
43 52	-0,9
47 4	-0,8
50 39	-0,7
54 42	-0,6
59 15	-0,5
64 24	-0,4
70 6	-0,3
76 21	-0,2
83 3	-0,1
90 0	0,0

Brechung: 10° C (Thermometer) und 1010 mb (atmosphärischer Druck)

Sonne: Halbdurchmesser	
------------------------	--

Sonnenunterrand	
Januar	+ 16,3
Februar	+ 16,2
März	+ 16,1
April	+ 15,9
Mai	+ 15,8
Juni	+ 15,7
Juli	+ 15,7
August	+ 15,8
September	+ 15,9
Oktober	+ 16,0
November	+ 16,2
Dezember	+ 16,3

Rechenbeispiel (im April)
Kimmabstand Sonnenunterrand 25°
Augeshöhe 2,5 Meter

Kimmtiefe: - 2,8'
Refraktion: - 1,9'
halber Sonnendurchmesser: + 15,9'
Gesamtbeschickung: + 11,2'

Gesamtbeschickung für den Kimmabstand des Sonnenunterrandes

Kimmabstand	Augeshöhe in Meter																							
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40			
3	+1,8	-0,9	-2,0	-2,8	-3,6	-4,2	-4,8	-5,3	-5,7	-6,2	-6,6	-7,0	-7,4	-7,8	-8,2	-8,5	-8,8	-9,2	-9,5	-9,8	-10,1			
3,5	+3,2	+0,8	-0,5	-1,3	-2,0	-2,6	-3,2	-3,7	-4,2	-4,7	-5,1	-5,5	-5,9	-6,3	-6,6	-6,9	-7,3	-7,6	-7,9	-8,2	-8,5			
4	+4,4	+1,8	+0,7	-0,1	-0,8	-1,4	-2,0	-2,5	-3,0	-3,4	-3,8	-4,2	-4,6	-5,0	-5,4	-5,7	-6,0	-6,4	-6,7	-7,0	-7,3			
4,5	+5,4	+2,8	+1,7	+0,9	+0,2	-0,4	-1,0	-1,5	-1,9	-2,4	-2,8	-3,2	-3,6	-4,0	-4,3	-4,7	-5,0	-5,3	-5,6	-5,9	-6,2			
5	+6,3	+3,7	+2,6	+1,8	+1,1	+0,5	0,0	-0,5	-1,0	-1,5	-1,9	-2,3	-2,7	-3,0	-3,4	-3,7	-4,1	-4,4	-4,7	-5,0	-5,3			
5,5	+7,0	+4,5	+3,4	+2,6	+1,9	+1,3	+0,7	+0,2	-0,3	-0,7	-1,1	-1,5	-1,9	-2,3	-2,6	-2,9	-3,3	-3,6	-3,9	-4,2	-4,5			
6	+7,7	+5,1	+4,1	+3,3	+2,6	+2,0	+1,4	+0,9	+0,4	0,0	-0,4	-0,8	-1,2	-1,6	-1,9	-2,3	-2,6	-2,9	-3,2	-3,5	-3,8			
6,5	+8,3	+5,7	+4,6	+3,8	+3,1	+2,5	+2,0	+1,5	+1,0	+0,6	+0,2	-0,2	-0,6	-1,0	-1,3	-1,7	-2,0	-2,3	-2,6	-2,9	-3,2			
7	+8,8	+6,2	+5,1	+4,3	+3,6	+3,0	+2,5	+2,0	+1,5	+1,1	+0,7	+0,3	-0,1	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,8	-2,1	-2,4	-2,7			
7,5	+9,2	+6,7	+5,6	+4,8	+4,1	+3,5	+3,0	+2,5	+2,0	+1,6	+1,1	+0,7	+0,4	0,0	-0,3	-0,7	-1,0	-1,3	-1,6	-1,9	-2,2			
8	+9,6	+7,0	+6,0	+5,2	+4,5	+3,9	+3,4	+2,9	+2,4	+2,0	+1,6	+1,2	+0,8	+0,4	+0,1	-0,3	-0,6	-0,9	-1,2	-1,5	-1,8			
8,5	+10,0	+7,4	+6,4	+5,6	+4,8	+4,2	+3,7	+3,2	+2,8	+2,3	+1,9	+1,5	+1,1	+0,8	+0,4	+0,1	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,4			
9	+10,3	+7,7	+6,7	+5,9	+5,2	+4,6	+4,0	+3,5	+3,1	+2,6	+2,2	+1,8	+1,4	+1,1	+0,8	+0,4	+0,1	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1			
9,5	+10,6	+8,0	+7,0	+6,2	+5,5	+4,9	+4,3	+3,8	+3,4	+2,9	+2,5	+2,1	+1,8	+1,4	+1,1	+0,7	+0,4	0,0	-0,3	-0,6	-0,9			
10	+10,9	+8,3	+7,2	+6,4	+5,7	+5,1	+4,6	+4,1	+3,7	+3,2	+2,8	+2,4	+2,1	+1,7	+1,3	+1,0	+0,7	+0,4	+0,1	-0,2	-0,5			
11	+11,3	8,8	7,7	6,9	6,2	5,6	5,1	4,6	4,1	3,7	3,3	2,9	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	0,9	0,6	+0,3	0,0			
11,5	+11,7	9,2	8,1	7,3	6,6	6,0	5,5	5,0	4,5	4,1	3,7	3,3	2,9	2,6	2,2	1,9	1,6	1,3	1,0	0,7	+0,4			
12	+12,1	9,5	8,4	7,7	7,0	6,4	5,8	5,3	4,9	4,4	4,0	3,6	3,3	2,9	2,6	2,2	1,9	1,6	1,3	1,0	0,7			
13	+12,4	9,8	8,8	8,0	7,3	6,7	6,1	5,6	5,2	4,7	4,3	3,9	3,6	3,2	2,9	2,5	2,2	1,9	1,6	1,3	1,0			
14	+12,6	10,1	9,0	8,2	7,5	6,9	6,4	5,9	5,4	5,0	4,6	4,2	3,8	3,5	3,1	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,3			
15	+12,8	10,3	9,2	8,4	7,8	7,2	6,6	6,1	5,7	5,3	4,8	4,4	4,0	3,7	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5			
16	+13,0	10,5	9,4	8,6	8,0	7,4	6,8	6,3	5,9	5,5	5,0	4,6	4,2	3,9	3,6	3,2	2,9	2,6	2,3	2,0	1,7			
17	+13,2	10,7	9,6	8,8	8,1	7,5	7,0	6,5	6,1	5,6	5,2	4,8	4,4	4,1	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	1,9			
18	+13,4	10,8	9,8	9,0	8,3	7,7	7,2	6,7	6,2	5,8	5,4	5,0	4,6	4,2	3,9	3,6	3,3	2,9	2,6	2,3	2,1			
19	+13,5	11,0	9,9	9,1	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,5	5,1	4,8	4,4	4,1	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2			
20	+13,6	11,2	10,2	9,4	8,7	8,1	7,6	7,1	6,6	6,2	5,8	5,4	5,0	4,7	4,3	4,0	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5			
22	+14,0	11,4	10,4	9,6	8,9	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	6,0	5,6	5,2	4,9	4,5	4,2	3,9	3,6	3,3	3,0	2,7			
24	+14,2	11,6	10,6	9,8	9,1	8,5	8,0	7,5	7,0	6,6	6,2	5,8	5,4	5,1	4,7	4,4	4,1	3,8	3,5	3,2	2,9			
26	+14,3	11,8	10,8	10,0	9,3	8,7	8,2	7,7	7,2	6,8	6,4	6,0	5,6	5,2	4,9	4,6	4,2	3,9	3,6	3,3	3,1			
28	+14,5	11,9	10,9	10,1	9,4	8,8	8,3	7,8	7,3	6,9	6,5	6,1	5,7	5,4	5,0	4,7	4,4	4,1	3,8	3,5	3,2			
30	+14,8	12,2	11,2	10,4	9,7	9,1	8,6	8,2	7,7	7,3	6,9	6,5	6,1	5,7	5,4	5,1	4,7	4,4	4,1	3,8	3,5			
35	+15,0	12,5	11,4	10,6	9,9	9,3	8,8	8,4	7,9	7,5	7,1	6,7	6,3	5,9	5,6	5,2	4,9	4,6	4,3	4,0	3,7			
40	+15,1	12,6	11,6	10,8	10,1	9,4	8,9	8,5	8,0	7,6	7,2	6,8	6,4	6,1	5,7	5,4	5,1	4,8	4,5	4,2	3,9			
45	+15,2	12,7	11,7	10,9	10,2	9,6	9,1	8,6	8,2	7,7	7,3	6,9	6,5	6,2	5,9	5,5	5,2	4,9	4,6	4,3	4,0			
50	+15,4	12,8	11,8	11,0	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,4	7,1	6,7	6,3	6,0	5,6	5,3	5,0	4,7	4,4	4,1			
55	+15,5	13,0	12,0	11,2	10,5	9,9	9,3	8,8	8,4	8,0	7,6	7,2	6,8	6,4	6,1	5,8	5,4	5,1	4,8	4,5	4,3			
60	+15,7	13,2	12,2	11,4	10,7	10,1	9,6	9,0	8,6	8,2	7,8	7,4	7,0	6,6	6,3	6,0	5,6	5,3	5,0	4,7	4,4			
70	+15,9	13,4	12,4	11,6	10,9	10,3	9,7	9,2	8,8	8,4	8,0	7,6	7,2	6,8	6,5	6,2	5,8	5,5	5,2	4,9	4,6			
80	+16,0	13,5	12,5	11,7	11,0	10,4	9,8	9,3	8,9	8,5	8,1	7,7	7,3	6,9	6,6	6,3	5,9	5,6	5,3	5,0	4,7			

Interpoliert man hier linear ergibt sich eine Gesamtbeschickung von 11,25'

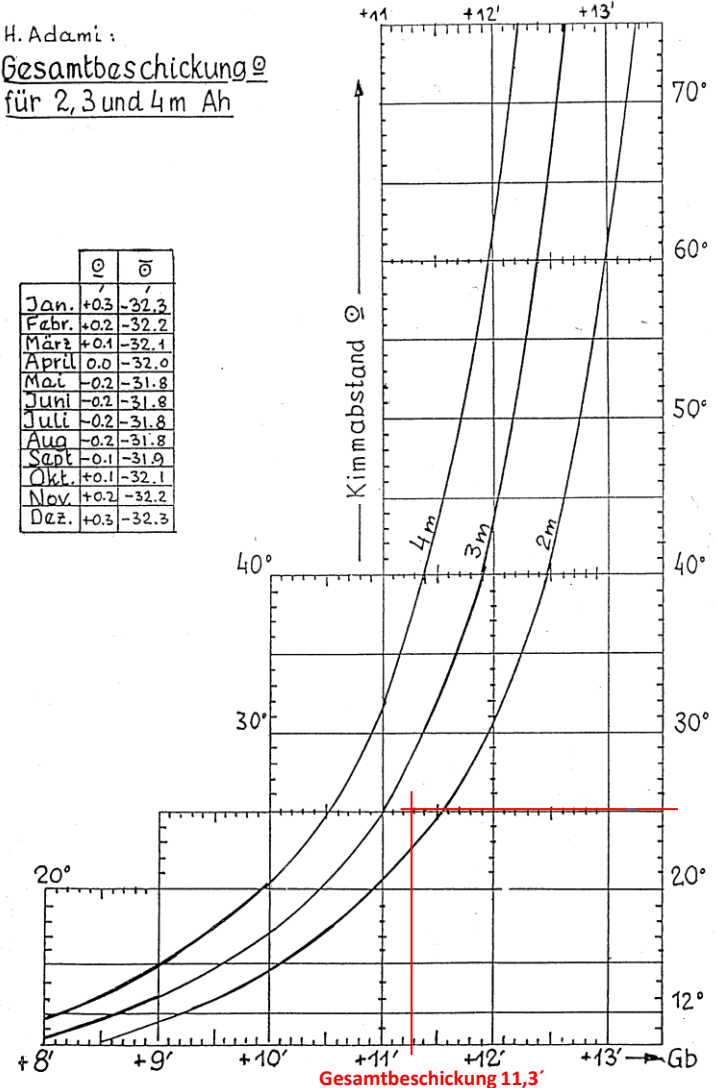
Zusatzbeschickung für den Kimmabstand des Sonnenunterrandes											
Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
+0,3'	+0,2'	+0,1'	0,0'	-0,2'	-0,2'	-0,2'	-0,2'	-0,1'	+0,1'	+0,2'	+0,3'

Zusatzbeschickung für den Kimmabstand des Sonnenoberandes											
Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
-32,3'	-32,2'	-32,1'	-32,0'	-31,8'	-31,8'	-31,8'	-31,8'	-31,9'	-32,1'	-32,2'	-32,3'

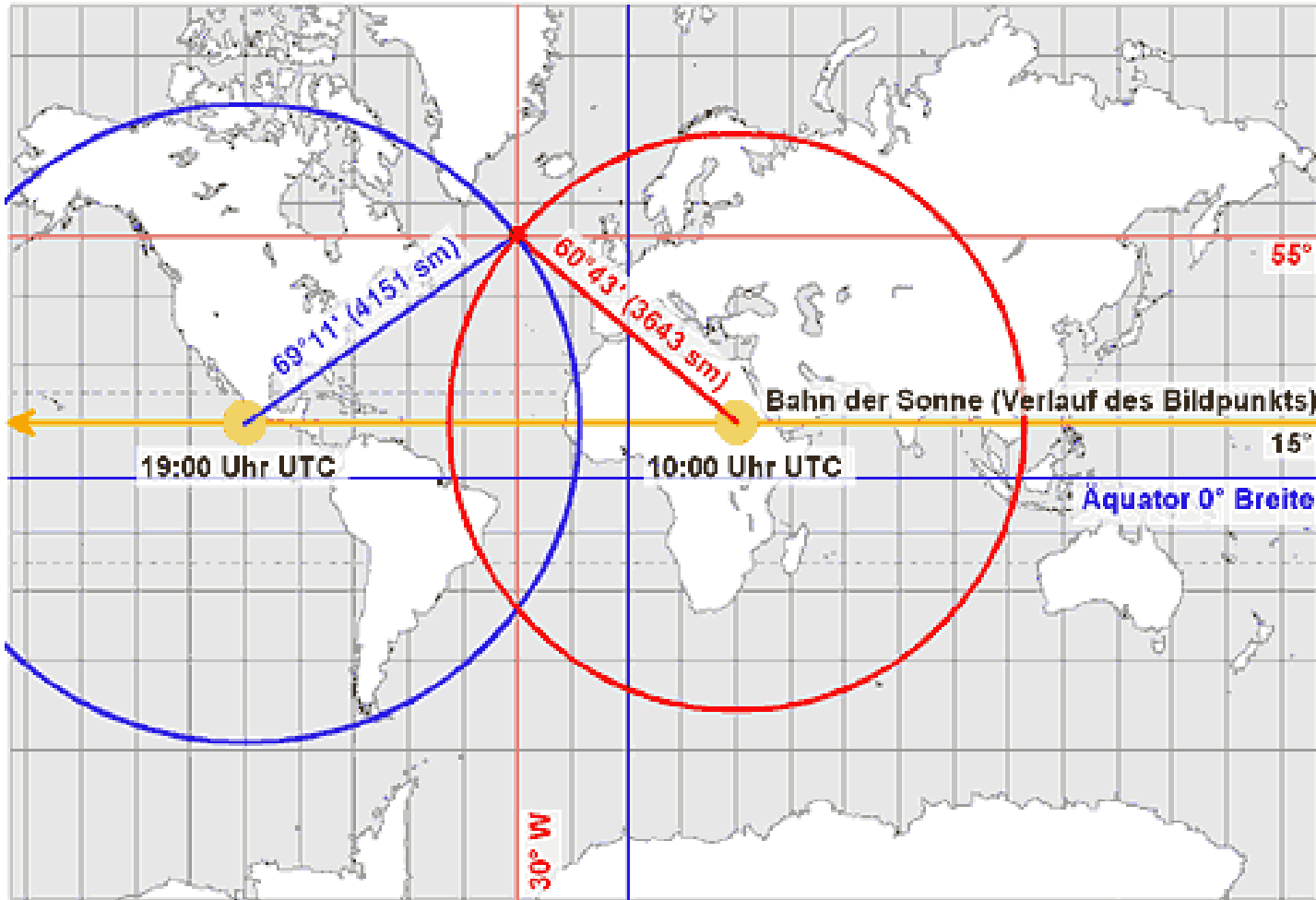
© H. Adami:

Gesamtbeschickung@ für 2,3 und 4 m Ah

Monat	Q	Q'
Jan.	+0,3	-32,3
Febr.	+0,2	-32,2
März	+0,1	-32,1
April	0,0	-32,0
Mat	-0,2	-31,8
Juni	-0,2	-31,8
Juli	-0,2	-31,8
Aug	-0,2	-31,8
Sept	-0,1	-31,9
Okt.	+0,1	-32,1
Nov	+0,2	-32,2
Dez.	+0,3	-32,3



Positionsbestimmung mit Hilfe der Astro-Navigation



Es ist also leicht aus dem gemessenen Kimmabstand den **Höhenwinkel H_b** und dann aus der sogenannten **Zenitdistanz ($90^\circ - H_b$)** den **Abstand zum Bildpunkt der Sonne** zu bestimmen.

Doch leider liegt dieser Punkt nicht auf unserer Seekarte und darüber hinaus bewegt sich der Leuchtturm Sonne mit großer Geschwindigkeit. (**15° pro Stunde am Äquator entsprechen $15 \times 60 = 900$ sm pro Stunde bzw. 15 sm pro Minute bzw. $0,25$ sm pro Sekunde**).

Wichtig ist folglich, dass man den Zeitpunkt der Beobachtung **sekundengenau** kennt, was lange Zeit das **größte Problem der astronomischen Navigation** war.

Die exakte Zeitmessung ist heute an Bord kein Problem mehr

Das englische Parlament hatte 1714 ein hohes Preisgeld für eine praktikable Lösung des sogenannten Längenproblems ausgelobt.

Erst mit der Erfindung einer sehr genau gehenden, pendellosen Uhr durch John Harrison wurde es möglich, auf See über eine exakte Zeit zu verfügen.



Das von Harrison 1759 gebaute Model H 5

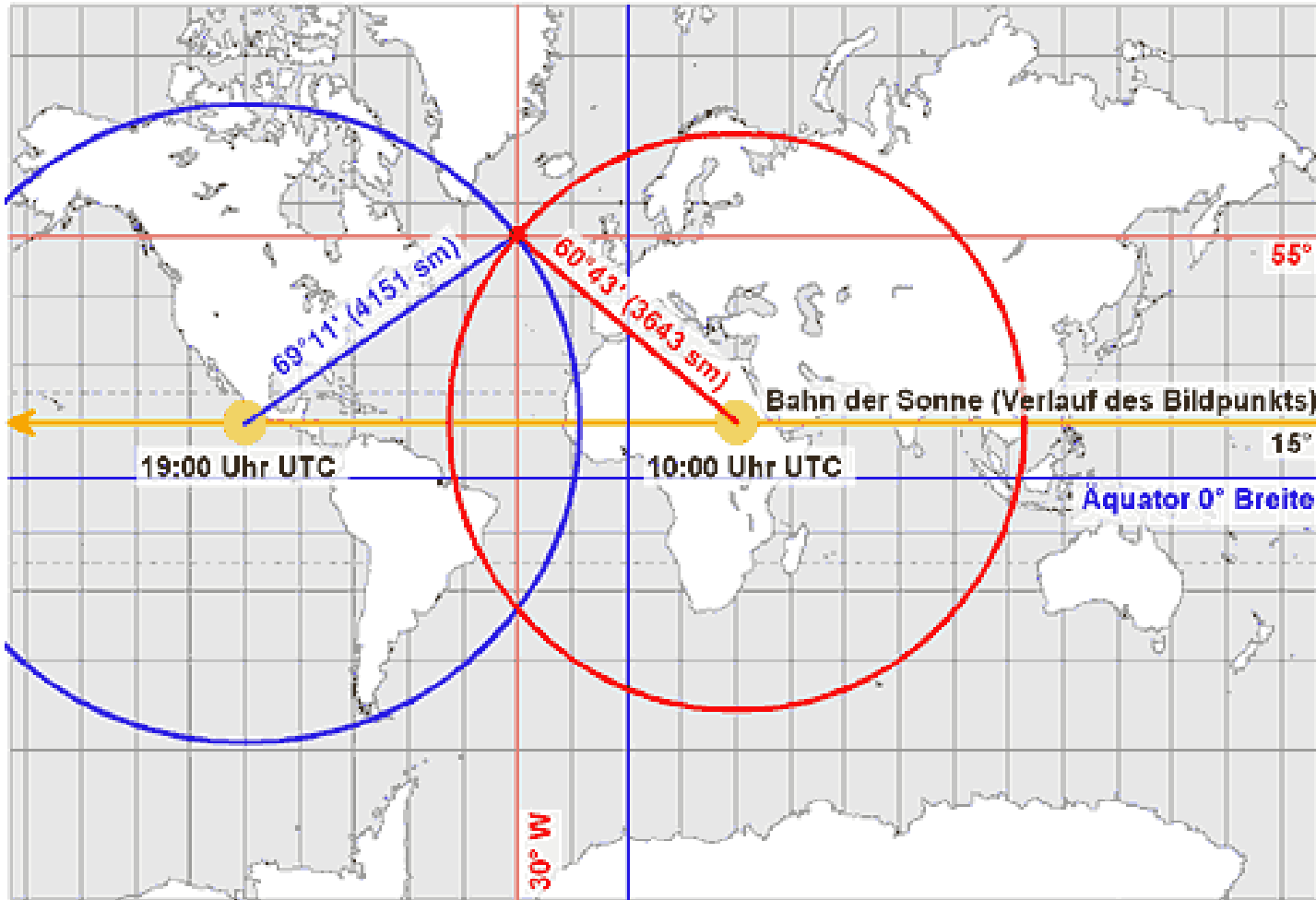


Ein kardanisches aufgehängter Schiffschronometer, ist nicht nur schön anzusehen sondern wird bis in die heutige Zeit auf Schiffen eingesetzt.



Einfache Quarzuhren gehen jedoch heute viel genauer als damalige Schiffschronometer.

Die Konstruktion der Standlinie aus den Höhengleichchen

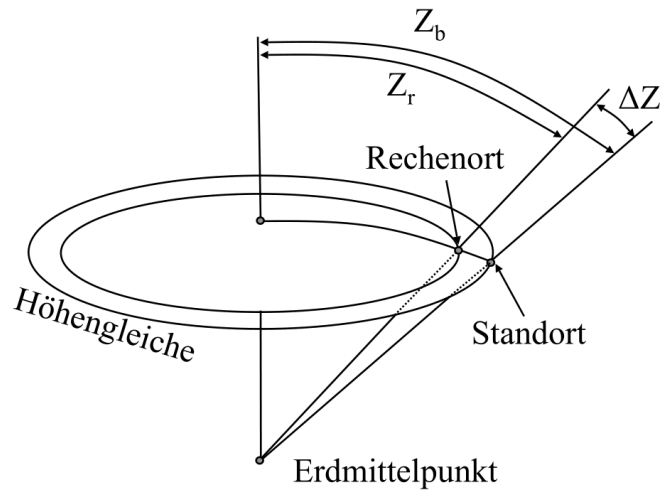


Aus dem gemessenen **Höhenwinkel H_b** kennen wir die **Zenitdistanz ($90^\circ - H_b$)** und damit den **Abstand zum Bildpunkt der Sonne**.

Mit Hilfe des **Nautischen Jahrbuchs** und der **sekundengenauen Uhrzeit** lässt sich nun auch der **Bildpunkt der Sonne** exakt berechnen, nur leider liegt der Bildpunkt nicht mehr in unserer Seekarte.

Für die zeichnerische Konstruktion der Standlinie muss man sich also etwas neues überlegen, denn ein Kreisbogen um den Bildpunkt der Sonne lässt sich nicht in die Seekarte einzeichnen.

Die Konstruktion einer Standlinie nach dem Höhendifferenzverfahren

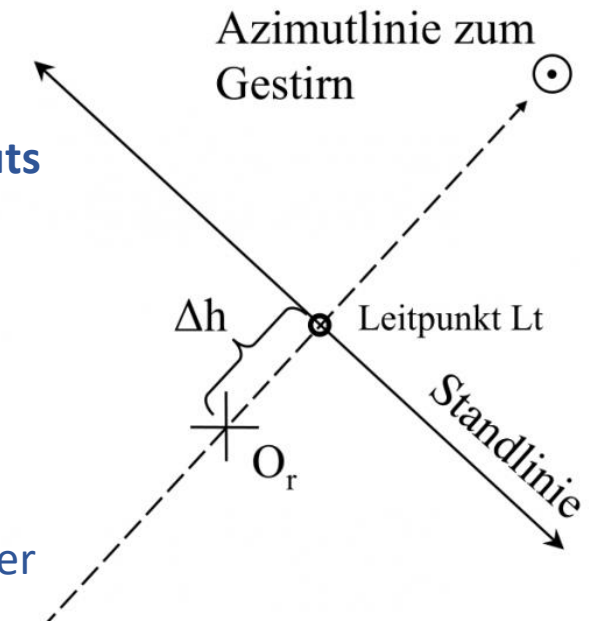
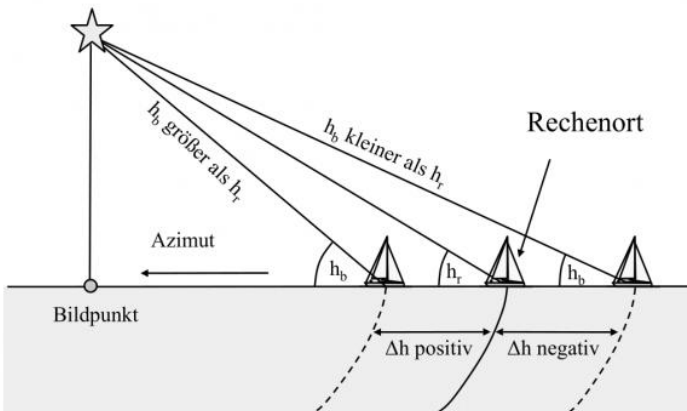


Die Idee des französischen Admirals St. Hilaire im Jahr 1875 bestand nun darin, bei der zeichnerischen Konstruktion der Standlinie nicht vom Bildpunkt der Sonne auszugehen sondern von einem sogenannten **Rechenort** O_r (z.B. dem Koppelort) der sich ja in der Nähe des Standortes befinden sollte.

Mit Hilfe des **Nautischen Jahrbuchs** und der **sekundengenauen Uhrzeit** lässt sich der **Bildpunkt der Sonne** und mit Hilfe von Formeln aus der **sphärischen Trigonometrie** für diesen Ort ein **Höhenwinkel** H_c und die Richtung zum Bildpunkt der Sonne, das sogenannte **Azimut** berechnen.

Vergleicht man nun die **beobachtete Höhe** H_b mit der **berechneten Höhe** H_c dann ist man in Richtung des **Azimuts** entweder näher dran $H_b > H_c$ oder weiter weg $H_b < H_c$.

Wegen des großen Abstands vom Bildpunkt lässt sich die Kreislinie (Höhengleiche) im Bereich meines Standortes durch eine gerade Standlinie annähern, die senkrecht auf dem Azimut steht. Die Höhendifferenz in Winkelminuten entspricht der Distanz von angenommener zu beobachteter Standlinie in Seemeilen.



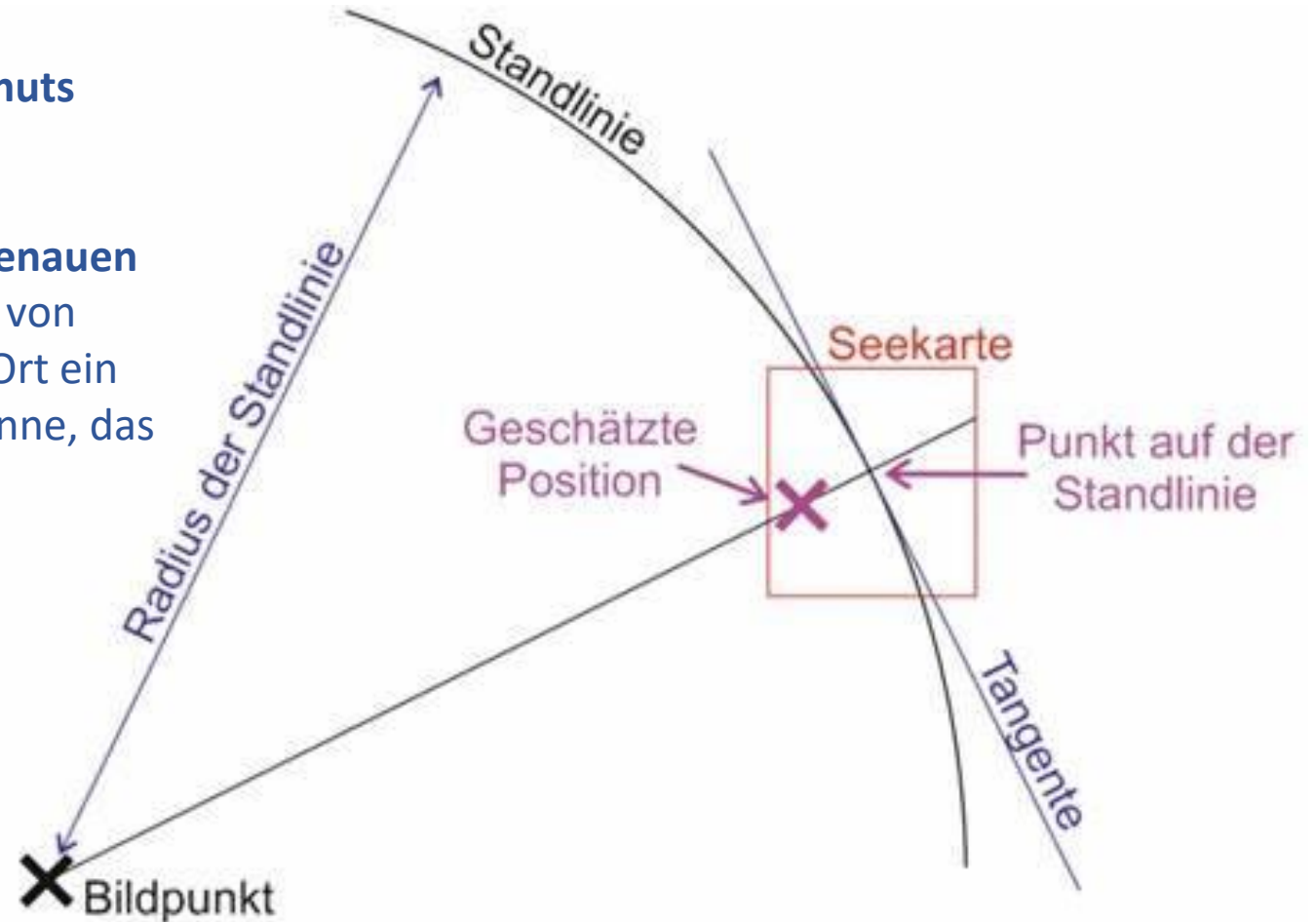
Die Konstruktion einer Standlinie nach dem Höhendifferenzverfahren

Vergleicht man nun die **beobachtete Höhe H_b** mit der **berechneten Höhe H_c** dann ist man in Richtung des **Azimuths** entweder näher dran $H_b > H_c$ oder weiter weg $H_b < H_c$.

Mit Hilfe des **Nautischen Jahrbuchs** und der **sekundengenauen Uhrzeit** lässt sich der **Bildpunkt der Sonne** und mit Hilfe von Formeln aus der **sphärischen Trigonometrie** für diesen Ort ein **Höhenwinkel H_c** und die Richtung zum Bildpunkt der Sonne, das sogenannte **Azimuth** berechnen.

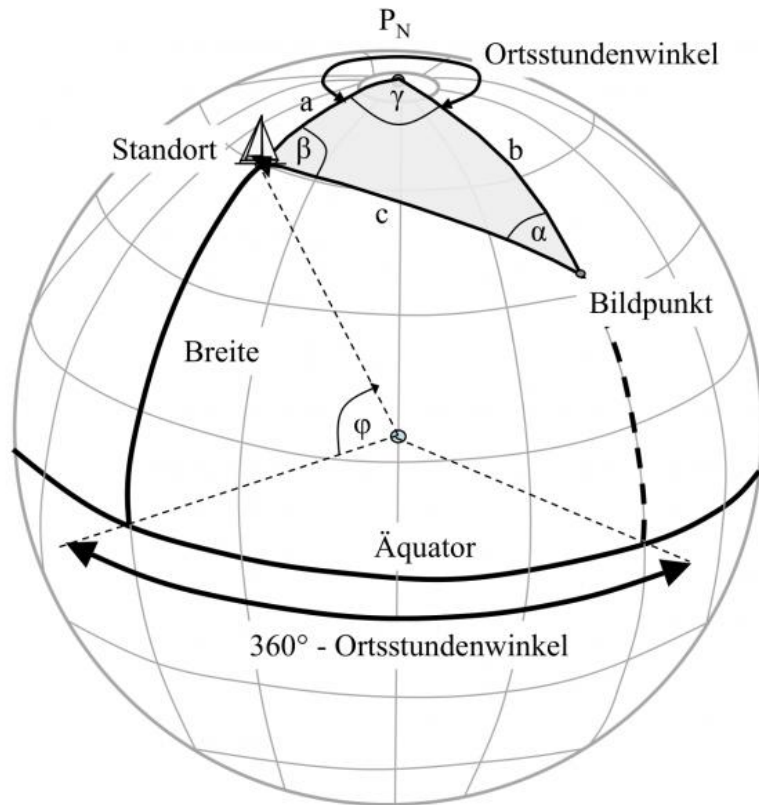
Wegen des großen Abstands vom Bildpunkt lässt sich die Kreislinie (Höhengleiche) im Bereich meines Standortes durch eine gerade Standlinie annähern, die senkrecht auf dem Azimuth steht.

Die Höhendifferenz in Winkelminuten entspricht der Distanz von angenommener zu beobachteter Standlinie in Seemeilen.



Die Berechnung von Höhe H_c und Azimut

Ist der Bildpunkt der Sonne bekannt, dann lassen sich Höhe H_c und **Azimut** mit Hilfe von Formeln aus der **sphärischen Trigonometrie** für meinen angenommenen Standort (**Rechenort**) berechnen.



Sphärisch-astronomisches Grunddreieck

Die Seite a ist das sogenannte „Breitenkomplement“ ($a = 90^\circ - \varphi$)

Die Seite b ist die sogenannte „Poldistanz“ ($b = 90^\circ - \text{DEC}$)

Der Winkel γ bezeichnet den halbkreisigen Ortsstundenwinkel t_E bzw. t_W

Den vollkreisigen Ortsstundenwinkel t erhalten wir nach $t = t_W$ bzw.

$t = 360 - t_E$ je nachdem wie Standort und Bildpunkt zueinander liegen.

Berechnet werden nun die Seite c „Zenitdistanz“ = $90^\circ -$ **wahre Höhe (H_c)** und der Winkel β zwischen Gestirn und Nordpol, das **Azimut (Z)**.

$$H_c = \arcsin \left(\sin(\varphi) \times \sin(\text{DEC}) + \cos(\varphi) \times \cos(\text{DEC}) \times \cos(t) \right)$$

$$Z = \arctan \left(\frac{\sin(t)}{\sin(\varphi) \times \cos(t) - \cos(\varphi) \times \tan(\text{DEC})} \right)$$

Ist das Azimut negativ, so sind zu Z 180° zu addieren. Ist der Ortsstundenwinkel t kleiner als 180° , so sind zu Z weitere 180° zu addieren.

Die Berechnung von Höhe H_c und Azimut mit Hilfe der HO-Tafeln



Sight Reduction Tables for Air Navigation (HO249)

Die HO249 sind die am häufigsten verwendeten Tafeln, mit denen die astronomische Navigation wahrscheinlich am einfachsten zu erlernen ist. Die HO249 wurden ursprünglich für den Gebrauch in der Luftfahrt erstellt und bestehen aus 3 Bänden:

Band 1: ausgewählte Fixsterne mit einer Deklination bis 80° (Gültigkeit 5 Jahre)

Band 2: Deklination (DEC) 0° bis 29° geogr. Breite 0° bis 40°

Band 3: Deklination (DEC) 0° bis 29° geogr. Breite 39° bis 89°



Sight Reduction Tables for Marine Navigation (HO229)

Die HO229 wurden für den Gebrauch in der Schifffahrt erstellt. Sie bestehen aus neun Bänden, für sämtliche Deklinationen (DEC) von 0° bis 90°

Band 1: geogr. Breite 0° bis 15°

Band 2: geogr. Breite 15° bis 30°

Band 3: geogr. Breite 30° bis 45°

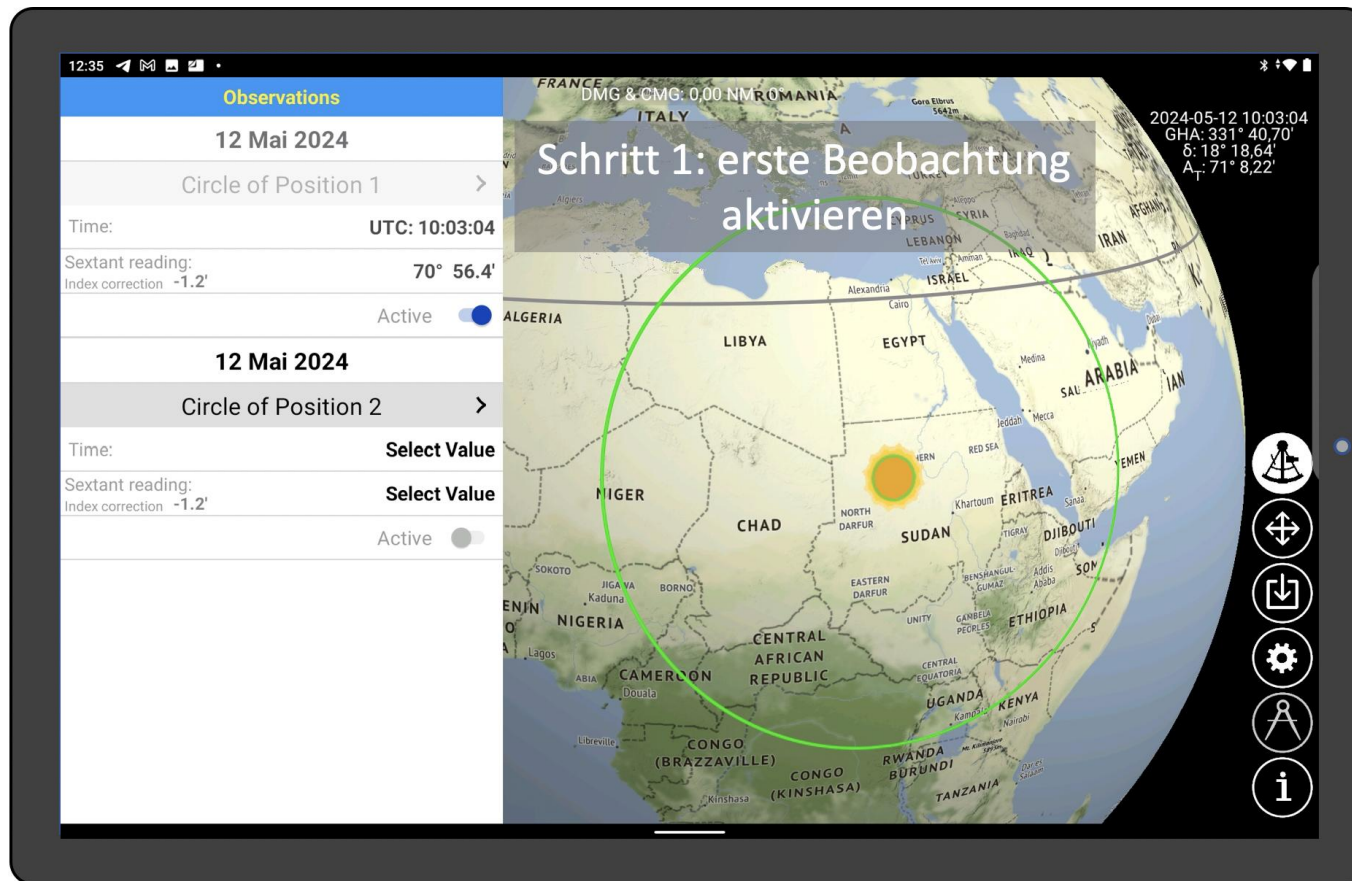
Band 4: geogr. Breite 45° bis 60°

Band 5: geogr. Breite 60° bis 75°

Band 6: geogr. Breite 75° bis 90°

Astronavigation auf dem Smartphone

kein Rechnen, kein Zeichnen, kein Schätzzort und kein Suchen in diversen Tabellen

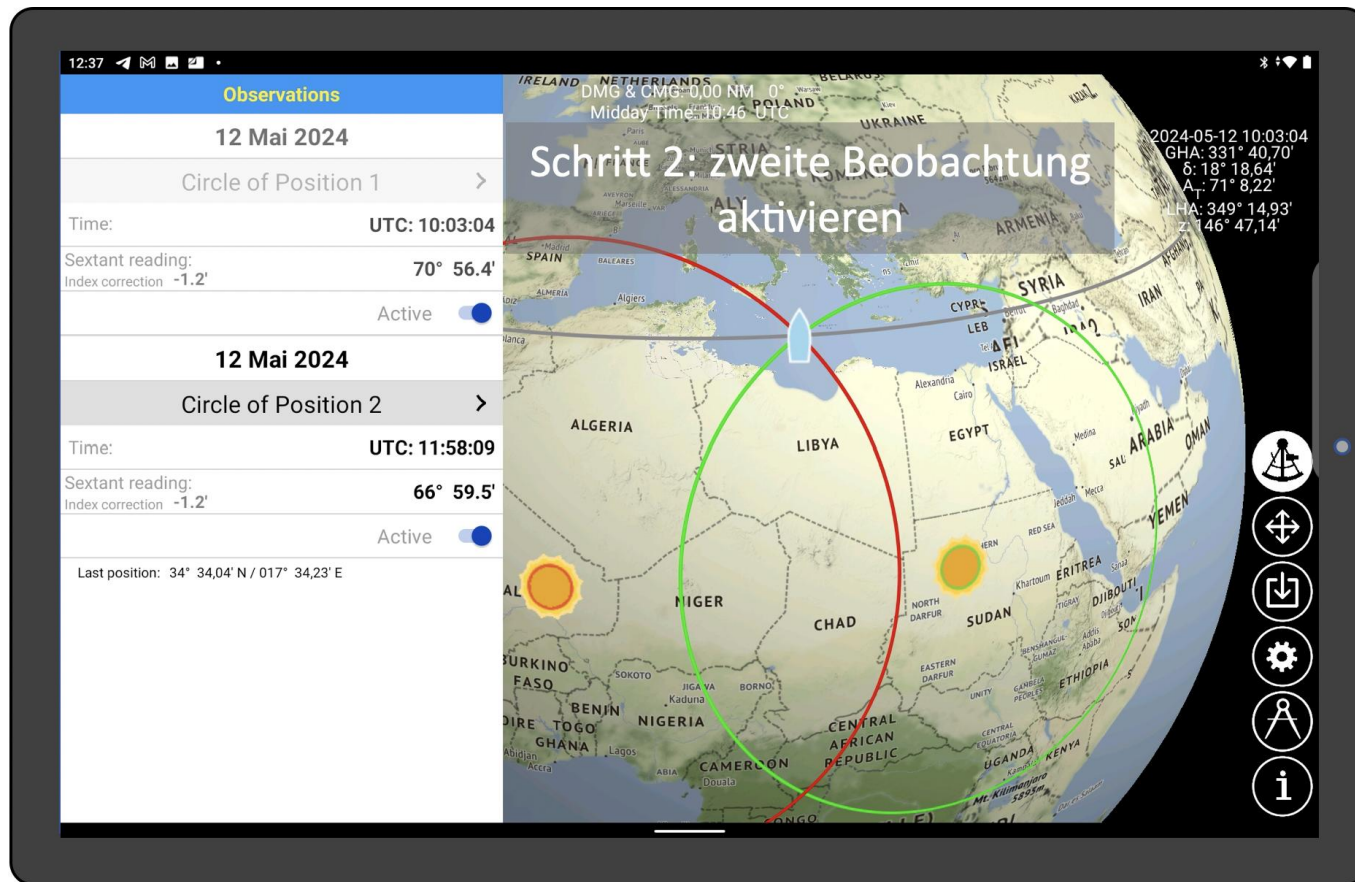


Die Ortsbestimmung durch Astro-Navigation lässt sich durch Verwendung von (programmierbaren) Taschenrechnern oder Astro-Apps wie z.B. der von Helmut Hoffrichter www.astro-navigation.com erheblich vereinfachen.

Man erspart sich die Rechnerei und obendrein die Fehleranfälligkeit klassischer Astro-Verfahren.

Astronavigation auf dem Smartphone

kein Rechnen, kein Zeichnen, kein Schätzzort und kein Suchen in diversen Tabellen



Obwohl wir heute hochleistungsfähige Computer an Bord haben, wird in vielen Computerprogrammen zur Astro-Navigation noch immer die Standlinien-konstruktion nach dem sogenannten Höhendifferenzverfahren verwendet.

Dieses grafischen Navigationsverfahren entstanden im 19. Jahrhundert und war lange Zeit Standard in der weltweiten Seefahrt, passt aber längst nicht mehr in unsere moderne Zeit.

viele Segler vertrauen noch immer blind der Satellitennavigation

Warum wird der Grundsatz **guter Seemannschaft**, der besagt, dass für jedes System **immer ein Ersatzsystem** an Bord sein muss, im Fall der Navigation allgemein als verzichtbar betrachtet?

Segelt man länger außerhalb von Landsicht gehört für mich ein Sextant zwingend an Bord.



Ob man die Position klassisch mit den HO-Tafeln und dem Höhendifferenzverfahren oder mit einer Astro-App bestimmt, ist letztlich Geschmackssache.

Astronavigation ist und bleibt aber eine wertvolle und wichtige **Backup-Methode**, insbesondere in Situationen, in denen moderne elektronische Systeme ausfallen oder gestört werden.

Wenn Du weißt wo du bist, kannst Du sein wo du willst !