

## 7 Astronavigation

### 7.1 Allgemeine Vorbemerkungen

Für den Fall, dass sich ein Nicht-Hochseeschiffer für die Astronavigation interessieren sollte oder dass ein Hochseeprofi, der vielleicht nur ein paar Wochen im Jahr zur See fährt, wieder seinen Wissensstand auffrischen möchte, werden hier ein paar Zusammenhänge erläutert. Das Wissen eines Sport-Hochsee-Schein-Inhabers (früher C-Schein) ist selbstverständlich umfangreicher. Es sei aber auch nicht verschwiegen, dass die Astronavigation zu den aussterbenden Künsten gezählt werden muss, denn GPS ist um ein Vielfaches preiswerter, handlicher und schneller. Eigentlich füge ich dieses Kapitel nur für Nostalgiker an.

Man stelle sich vor, da sitzt jemand vor seiner Hütte am Meer, blickt nach Süden und stellt mit einem Winkelmesser (z. B. einem Sextanten) fest, wieviele Grad sich die Sonne allmorgendlich über den Horizont erhebt. Täte er das am 21. März (da überquert die Sonne den Äquator), dann würde er, falls er gerade am Äquator (also auf  $0^\circ$ ) säße,  $90^\circ$  messen. Die Sonne steht mittags um 12 Uhr direkt über ihm. Befände er sich am Nordpol, würde sein Sextant  $0^\circ$  anzeigen. Auf  $20^\circ$  Nord würde er  $70^\circ$  messen und auf  $50^\circ$  Nord  $40^\circ$ , also immer die Differenz zu  $90^\circ$ .

Ließe man den Menschen jeden Tag des Jahres vom gleichen Standort aus die Mittags-Sonnen-Höhe messen, dann käme eine sinusförmige Kurve heraus. Die einzelnen Messpunkte sind die Winkel, um die die Sonne jeweils vom Äquator abweicht (weshalb man diese Winkel auch Abweichung oder (engl.) Declination nennt. Den für den jeweiligen Tag geltenden Winkel dieser Kurve könnte man nun mit den  $90^\circ$  verrechnen (im Winter wird er um so viele Grade kleiner, wie sich die Sonne südlich des Äquators aufhält und im Sommer entsprechend größer, sofern man selbst auf der Nordhalbkugel ist) und damit hätte man den Breitengrad, auf dem man sich selbst aufhält, errechnet. Kolumbus soll so überprüft haben, ob er genau nach Westen fährt oder ob er nördlich bzw. südlich abweicht.

Die Messung der Mittags-Sonnen-Höhe ist relativ einfach, denn solange der Winkel steigt, ist noch nicht Mittag, und wenn er fällt, dann war Mittag. Auf ihrem höchsten Punkt verharrt die Sonne etwa 4 Minuten, was zur Messung des Winkels allemal ausreicht.

Für die Bestimmung des Längengrades braucht man eine Uhr. Dividiert man die  $360^\circ$  unseres Globus durch 24 Stunden, dann kommt 15 heraus. Die Sonne 'wandert' also jede Stunde um 15 Längengrade nach Westen. Hat man eine Uhr auf den Längengrad 0 geeicht, also auf Greenwich (GMT = Greenwich Mean Time) bzw. Weltzeit (= UT C oder UT1) gestellt, dann kann man seinen Längengrad bestimmen: Wenn der höchste Sonnenstand erreicht ist, dann besagt die Uhrzeit, wieviele Grade man sich westlich oder östlich von Greenwich befindet.

Eine sekundengenaue Uhr bekommt man heute an jeder Ecke. Aber wie kriegt man die exakte Zeit des höchsten Sonnenstandes heraus? Ein Fehler von 4 Minuten entspricht immerhin  $1^\circ$  (am Äquator also 60 sm!). Nun, auch das ist ganz einfach: Man nimmt so gegen 11 Uhr morgens die Sonnenhöhe und die Uhrzeit und wartet, bis am Nachmittag die gleiche Sonnenhöhe im Winkelmesser erscheint (zeitsymmetrisch nennt man das). Der Mittelwert der beiden Zeitmessungen war der „Schiffsmittag“. Das lässt sich sekundengenau feststellen.

Ganz Neugierige wollen aber nicht nur am Nachmittag wissen, wo sie mittags waren, sondern jederzeit ihren Standort bestimmen können. Das geht mit dem Trick, dass man seinen ungefähren Standort als Rechenbasis nimmt und im Abstand von zwei oder drei Stunden 2 Sonnenstandlinien misst. Die erste Standlinie muss (zum Schnittpunkt mit der zweiten Standlinie = Standort), „versegelt“ werden. Aus der oben erwähnten Tabelle kennt man ja die Stelle, wo die Sonne gerade steht (man kann derartige Tabellen z. B. unter der Bezeichnung „Nautisches Jahrbuch“ kaufen). Aus dem Sonnen-Standort (= Bildpunkt der Sonne) und dem ungefähren Schiffsort kann man den Höhen-Winkel

und die Kompassrichtung (Azimut) errechnen, unter denen man die Sonne messen müsste. Misst man einen größeren Winkel, dann ist man dichter dran als gedacht, misst man einen kleineren, dann ist man weiter weg.

Statt mit der Sonne kann man das gleiche Spiel auch mit dem Mond und den Sternen treiben, und dann sollte der astronomischen Standortbestimmung Tür und Tor geöffnet sein. Das ist leider nicht der Fall, weil man ja zum Messen des Höhenwinkels die Kimm, also den Horizont auf der Meeresoberfläche sehen muss, und die Kimm sieht man nachts nicht. Den Mond kann man nur bei Tage und in der Dämmerung messen, und die Sterne nur in der Dämmerung, es sei denn, man verfügt über einen Sextanten mit künstlichem Horizont.

Im Prinzip ist das alles ganz einfach und anschaulich. Warum also der Horror, der angehenden Astronavigatoren so oft kalte Schauer den Rücken hinunterjagt? Es sind die vielen Korrekturen, die bei einer Standlinienberechnung durchgeführt werden müssen. Sie bieten ein gerüttelt Maß an Fehlermöglichkeiten. Um die Fehlergefahr auf ein Minimum zu drücken, verwende ich die in diesem Kapitel beschriebenen Vordrucke.

Im Prinzip könnte man sogar einen einwandfreien Standort bestimmen, indem man stur nach diesen Schemen verfährt. Davon rate ich aber dringend ab. Wenn man weiß, was man tut, ist die Gefahr der immer noch lauenden Fehler weiter verringert. Deshalb sollen zu den Korrekturen ein paar Erklärungen gegeben werden.

**Chronometergang** (Chronometer nennt man die Uhr, die an Bord stets nur die UT1 anzeigt)

Die Abweichung des Chronometers (= Stand) wird aus einem Vordruck (s. u.) entnommen und zur Chronometerablesung addiert, damit man die sekundengenaue UT1 der Sextantablesung erhält.

**Indexberichtigung (IB)**

Da sich der Sextant z. B. durch Wärmeeinwirkung immer ein wenig verbiegt, wird hin und wieder die Kimm auf die Kimm gesetzt und die Differenz zum Nullpunkt notiert. Diese Indexberichtigung (IB) addiert man (mit dem richtigen Vorzeichen) zur Sextantablesung und erhält dadurch den Kimmabstand (KA).

**Augeshöhe (Ah)**

Der Höhenwinkel des Gestirns ist von der Wasseroberfläche aus gedacht. Da die Messung aber vom Deck einer Yacht aus vorgenommen wird, entsteht ein kleiner, aber nicht unerheblicher Fehler. Man korrigiert ihn durch Berücksichtigung der Augeshöhe (manche sagen Augenhöhe). Bei Segelyachten wird im allgemeinen mit 2 m Augeshöhe gearbeitet.

**Lichtbrechung**

So, wie der Groschen im Brunnen nicht da liegt, wo man ihn sieht, sondern ein wenig davor, so wird auch die Abbildung des Gestirns in der Atmosphäre gebrochen. Das geht immerhin so weit, dass wir die Sonne noch am Horizont wabern sehen, wenn sich ihr Oberrand in Wirklichkeit schon unter der Kimm befindet. Je höher das Gestirn steht, desto geringer ist die Lichtbrechung; über uns stehende Sterne schicken ihr Licht ungebrochen herab. Die Lichtbrechung ist in der Gesamtbeschickung GB berücksichtigt.

**Halbmesser-Korrektur**

Die Sextantwinkel beziehen sich immer auf die Mitte des Gestirns. Bei Fixsternen sowie Saturn und Jupiter funktioniert das auch, bei Sonne, Mond, Mars und Venus nicht, weil man den Mittelpunkt nicht ohne weiteres messen kann. Man behilft sich dadurch, dass man den jeweiligen Unterrand des Gestirns misst und dann auf den Mittelpunkt umrechnet, d. h. den Halbmesser (den man Korrekturtafeln entnehmen kann) zum Sextantwinkel addiert (in der Gesamtbeschickung GB berücksichtigt).

### **Korrektur bei Gestirn-Oberrand-Messung**

Bei Sonne und Mond ergibt sich öfters der Fall, dass man den Oberrand gut erkennen kann, den Unterrand jedoch nicht. Bei Oberrand-Messungen muss der volle Gestirndurchmesser subtrahiert werden, denn die Halbmesser-Korrektur ist ja bereits durch die Gesamtbeschickung GB eingerechnet. Da sich die Durchmesser von Sonne und Mond relativ schnell ändern, muss der zum Messzeitpunkt geltende Durchmesser aus Tafeln entnommen werden.

### **Gestirndurchmesser (Gestirnabstand) und Beobachtungsort auf der Erde (Horizontparallaxe)**

Der Abstand Erde - Himmelskörper ist nicht immer gleich. Besonders stark macht sich das beim Mond bemerkbar. Aber auch bei der Sonne und den Planeten Venus und Mars muss die Korrektur noch angebracht werden. Ist der Mond dicht bei der Erde, erscheint uns sein Durchmesser größer, ist er weiter weg, sehen wir ihn kleiner. Die Berücksichtigung erfolgt zusammen mit der Horizontparallaxen (bei der Sonne in der Zusatzbeschickung ZB für Unterrand und Oberrand getrennt pro Monat angegeben, beim Mond Tafeleingang für die Gesamtbeschickung GB und bei den Planeten Tafeleingang für die Zusatzbeschickung ZB). Jupiter, Saturn und die Fixsterne sind so weit von uns entfernt, dass der Unterschied zwischen Unterrand und Mittelpunkt keinen messbaren Fehler mehr verursacht.

### **Umlaufgeschwindigkeit des Mondes, der Planeten und der Erde**

Die Kreisbahnen, auf denen sich die Himmelskörper umeinander bewegen, sind in Wirklichkeit Ellipsen. Der Umlauf erfolgt dadurch bedingt mal schneller, mal langsamer. Die unterschiedliche Geschwindigkeit wird dadurch berücksichtigt, dass in den Tafeln die langsamste Geschwindigkeit angegeben ist und man für den Zeitpunkt der Messung eine sog. Verbesserung VB anbringt. Erst dann kennt man den richtigen Standort des Gestirns.

Die Verbesserung VB erhält man durch ein raffiniertes System aus dem Unt(erschied), wobei die Beschleunigung bzw. Verzögerung des Himmelskörpers auf seiner Ellipsenbahn minutengenau erfasst wird.

### **Ortsveränderungen von Gestirnen**

Die Fixsterne stehen keineswegs unverrückbar am Firmament. Sie sausen ganz schön durcheinander. Die Bewegungen führen zwar nicht dazu, dass wir alle paar Jahre neue Sternbilder lernen müssen, aber astronavigatorisch muss die Veränderung berücksichtigt werden. Die Tafeln H.O. 249, Vol. 1 (Selected Stars) werden alle 10 Jahre neu aufgelegt.

### **Sternwinkel und Frühlingspunkt**

Wollte man für alle 80 astronavigatorisch auswertbaren Fixsterne Ephemeridentafeln in nautischen Jahrbüchern herausgeben, dann brauchte der Segler kein anderes Gepäck mehr. Man behilft sich mit dem Trick, dass man einen Punkt auf dem Äquator definiert, und darauf die Standorte aller Fixsterne bezieht, denn untereinander stehen sie ja fest (mit der bekannten Einschränkung). Der Punkt auf dem Äquator ist der Frühlingspunkt, d. h. die Stelle, wo die Sonne am 20. oder 21. März den Äquator überquert, um bei uns Frühling zu machen. Addiert man zu diesem Punkt den Sternwinkel  $\beta$  des Fixsternes, dann erhält man den Längengrad, über dem der Fixstern gerade steht.

## 7.2 Begriffe und Abkürzungen

$\Upsilon$  = **Aries** = Frühlingspunkt = Längengrad, auf dem die Sonne am 20. oder 21. März den Äquator überschreitet bzw. überschritt. Früher war das im Sternzeichen Widder, weshalb das Symbol Hörner hat.

**Ah** = **Augeshöhe** (Höhe der Augen über der Wasseroberfläche)

**$\beta$**  = **Sternwinkel**. Zusammen mit dem Frühlingspunkt ergibt der Sternwinkel den Längengrad, auf dem sich der Fixstern befindet. ( $\Upsilon + \beta + \text{Zuwachs} = \text{Bildpunkt-Länge des Sterns}$ )

**BP = Bildpunkt** = Ort, an dem die gedachte Linie vom Gestirnmittelpunkt zum Erdmittelpunkt die Erdoberfläche durchstößt. Die Ephemeridentafeln des NJ (Nautischen Jahrbuches) geben die Bildpunkt-Längen und Bildpunkt-Breiten für die Gestirne an, und zwar immer zur vollen Stunde. Die Minuten und benötigtenfalls die Sekunden müssen interpoliert werden. Jede astronomische Standlinie ist genau genommen ein sehr großer Kreis um den Bildpunkt des gemessenen Gestirns.

**$\delta$**  = **Declination** = Winkel, um den sich ein Gestirn nördlich oder südlich des Äquators befindet. Man nennt sie auch Abweichung oder Bildpunktbreite. Die Declination  $\delta$  findet man in den Ephemeridentafeln für jedes auswertbare Gestirn.

Bei den Fixsternen ist  $\delta$  konstant, bei der Sonne ist die stündliche Änderung des  $\delta$  so klein, dass man den nächstgelegenen Wert zur vollen Stunde nehmen kann, bei den Planeten und vor allem beim Mond ändert sich  $\delta$  jedoch so schnell, dass man unter Umständen

- interpolieren und
- das Vorzeichen berücksichtigen muss!

Jenachdem, ob das Gestirn auf uns zukommt oder von uns wegläuft, muss die aus dem Unt(erschied) ermittelte Verbesserung VB addiert oder subtrahiert werden.

**GB = Gesamtbeschickung**. Sie enthält die Lichtbrechung, die Augeshöhe, die Halbmesser-Korrektur (z. B. bei der Sonne) und die Horizontparallaxe (z. B. beim Mond).

Beim Mond muss die Gesamtbeschickung GB aus den Minuten des Kimmabstandes KA und der Horizontparallaxe durch eine Kreuzinterpolation zwischen den beiden nächstgelegenen Kimmabständen und den beiden nächstgelegenen Horizontparallaxen durchgeführt werden. Da man aber nur die ganzen Minuten braucht (also nicht das, was hinter dem Komma steht), genügt meistens eine Interpolation über den dicken Daumen. Von den Zahlen, die vor dem Komma stehen, kommen sowieso nur zwei in Frage, und wenn man davon die falsche erwischt, macht der Fehler maximal 5 Seemeilen aus.

**GHA = korrigierte Bildpunkt-Länge** des Gestirns (= Grt + Zuwachs + ggf. Vb + ggf.  $\beta$ ). Sie wird stets von Greenwich aus nach Westen gezählt, und zwar bis  $359^{\circ} 59,9'$ . GHA heißt Greenwich Hour Angle, was etwas verwirrend ist, weil der zur vollen Stunde abgelesene Winkel Grt heißt.

**Grt = Bildpunkt-Länge** des Gestirns für volle Stunden (wie sie in den Ephemeridentafeln des NJ unter vollen Stunden stehen). Irreführenderweise Greenwich-Stundenwinkel genannt.

**Hb = beobachtete Höhe** = wahre Höhe (= Sextantablesung + IB + GB + ggf. Korrektur wegen Gestirnoberrand-Messung) = korrigierter Sextantwinkel

**Hc = Height calculated** (unkorrigierte Rechenhöhe)

**Hr = korrigierte Rechenhöhe** (= Hc  $\pm$  Korrekturglied)

**HP = Horizontparallaxe** (Winkel, der bei nicht unendlich weit entfernten Objekten auftritt, weil nicht vom Erdmittelpunkt aus gemessen wird, sondern seitlich davon. Je nach Schiffsort erscheint z.

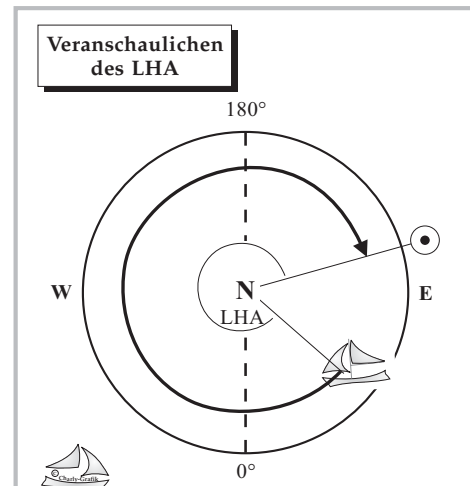
B. der Mond unter einem merklich anderen Winkel, der HP). Die HP muss bei der Sonne, dem Mond und den näheren Planeten berücksichtigt werden. Für die Sonne ist sie in der GB enthalten, für Mond, Mars und Venus entnimmt man sie den Ephemeridentafeln.

**KA = Kimmabstand** (= Sextantablesung  $\pm$  Indexberichtigung IB)

**LHA = Winkel zwischen Schiffsort (SO) und Bildpunkt (BP)**, und zwar immer vom Schiff aus nach Westen gemessen (also nicht vom Bildpunkt zum Schiff!). Er geht bis  $360^\circ$ . Wenn die Sonne  $1^\circ$  östlich des Schiffes steht, ist der LHA  $359^\circ$ , geht also fast um den ganzen Globus herum! LHA heißt Local Hour Angle, der „Örtliche Stundenwinkel“ oder „Ortsstundenwinkel“. Um Denkfehler zu vermeiden, empfiehlt Bobby Schenk, sich immer eine vom Nordpol aus gesehene Skizze zu machen.

**NJ = Nautisches Jahrbuch.** Es enthält u. a. die Ephemeridentafeln. Das sind Tabellen, aus denen man für jede volle Stunde des aktuellen Jahres die Bildpunkte von Sonne, Mond, 4 Planeten und 50 Fixsternen entnehmen kann. Für Korrekturen enthält das NJ entsprechende Tafeln.

**SO = Schiffsort.** Die Länge wird in  $0 - 180^\circ$  West bzw. Ost angegeben, also keine  $360^\circ$ -Angabe!



**Unt. = Unterschied** (in den Ephemeridentafeln ohne Punkt geschrieben). Unt. und die Verbesserung VB bilden ein System. Grt und  $\delta$  werden in den Ephemeriden zur vollen Stunde korrekt angegeben. Wenn das Gestirn jedoch auf seiner elliptischen Umlaufbahn eine Beschleunigung bzw. Verzögerung erfährt, genügt die lineare Interpolation von Minuten und Sekunden zum Zuwachs nicht. Man muss noch eine Verbesserung VB anbringen, die die Geschwindigkeitsänderung berücksichtigt. Wie groß die Verbesserung ist, sagt uns Unt., der Unterschied. Er ist sozusagen die Verbesserung für die 60. Minute. Für jede Minute kann aus dem Unterschied in den Schalttafeln die Verbesserung ermittelt werden. Ein Unterschied von 10 führt z. B. nach 15 Minuten zu der VB von 2,5, nach 30 Minuten zu der VB von 5 und nach 45 Minuten zu der VB von 7,5.

Grt und  $\delta$  geben die jeweils langsamsten Geschwindigkeiten an. Die zugehörige Verbesserung VB muss demnach immer addiert werden. Außer bei der Venus. Saust die Erde gerade mit wachsender Geschwindigkeit auf ihrer Ellipse um die Sonne, während die Venus auf der Innenbahn eine Verzögerung erfährt, dann ist der Unt. für die Venus negativ. Das Vorzeichen der VB ist dann minus.

Die Verbesserung muss in derjenigen Zeit-Minute der Sextantablesung gesucht werden, in der auch der Zuwachs zum Grt gesucht worden war.

**UT1 = United Time One**, (ehemalige) Greenwichzeit. Die Weltzeit wird heute mit einer recht aufwendigen Cäsium-Uhr in Braunschweig gemessen. Sobald eine Differenz von 1 Sekunde auftritt, nimmt man eine Korrektur vor. Als die Weltzeit noch in England betreut wurde, nannte man sie GMT (Greenwich Mean Time). Zwischenzeitlich nannte man sie mal UTC (United Time Coordinated). Heute sagt man GMT zu der unkorrigierten Chronometerablesung und UT1 zur korrigierten.

**VB = Verbesserung.** Es ist der Winkel, der addiert werden muss, weil in den Ephemeriden die langsamste Geschwindigkeit des Gestirns angegeben ist. Siehe auch unter Unt(erschied).

**ZB = Zusatzbeschickung.** Sie wird einerseits gebraucht, wenn die Ellipsenbahn des Gestirns sehr stark von der Kreisbahn abweicht, so dass sich der Gestirndurchmesser scheinbar verändert und

andererseits in den Fällen benötigt, wo man den Gestirnoberrand messen musste, weil der Unterrand nicht zu sehen war.

**Zuwachs** = Winkel, der addiert werden muss, weil in den Ephemeriden nur ganze Stunden angegeben sind. Minuten und Sekunden werden durch den Zuwachs Grt berücksichtigt, auch Zuwachs min + sek genannt. Man entnimmt ihn sekundengenau der Schalttafel für die zugehörige Minute.

**Z = Azimut** = „Peil“winkel zum Gestirn bzw. dessen Bildpunkt; Z ist genau genommen das Tafel-Azimut, das zum rechtweisenden Azimut  $r_w Z_n$  beschickt werden muss.

### 7.3 Das Werkzeug des Astronavigators

Benötigt werden:

- ein Sextant zur Winkelmessung,
- ein Chronometer zur Zeitnahme bei der Winkelmessung, bezogen auf UT1,
- ein Tafelwerk, aus welchem ich den Bildpunkt des Gestirns zum Zeitpunkt der Winkelmessung entnehmen kann, z. B. das Nautische Jahrbuch NJ,
- ein Tafelwerk, welches mir Gestirns Höhe  $H_c$  bzw.  $H_r$  und Richtung  $Z_n$  bzw.  $r_w Z_n$  für den Rechenort gibt, aus dessen Nähe ich das Gestirn mit dem Sextant „geschossen“ habe, z. B. Band 2 und 3 der H.O. 249-Tafeln,
- ein Tafelwerk, welches mir die Vorhersage ermöglicht, wann ich welchen Fixstern wo werde „schießen“ können, z. B. Band 1 der H.O. 249-Tafeln
- und weitere Hilfsmittel wie Papier, Bleistift und Radiergummi, Zirkel, ein Lineal, Kursdreieck und Anlegedreieck.

#### 7.3.1 Der Sextant

Aussehen und Funktionsweise des Sextanten wurden bereits beschrieben. Bei der Messung eines Gestirns stellt man den Winkel grob vorher ein, sucht an Deck einen festen Halt, z. B. neben dem Schiebeluk, klappt bei der Sonnenmessung die benötigten Blendgläser herunter (und bei der Messung anderer Gestirne wieder hoch) nimmt den Sextant vor das Auge und sucht die Kimm ab. Blitzt das gesuchte Gestirn kurz auf, hält man es fest und dreht an der Trommelschraube so lange, bis es auf der Kimm sitzt. Um sicherzugehen, dass man den Sextant nicht verkantet hält, pendelt man das Gestirn bzw. dessen Unter- oder Oberrand auf die Kimm. Denn das Gestirn muss exakt auf der Kimm aufsitzen, während man den Sextanten absolut senkrecht hält! Wenn das Gestirn kurz vor dem Aufsitzen ist, lasse ich den Sextantwinkel konstant und warte die paar Sekunden ab, bis es präzise aufsitzt. Diesen Zeitpunkt nehme ich dann mit Zählen und Stoppuhr ins Chronometer.


Finde ich das Gestirn nicht gleich beim ersten Versuch, dann fahre ich erst mal oberhalb der Kimm und wenn das nichts hilft, unterhalb der Kimm entlang. Habe ich das Objekt dann immer noch nicht gefunden, muss ich meinen voreingestellten Winkel noch mal überprüfen. Der Anfänger wird da sicherlich mehr Probleme haben als jemand, der das tagtäglich macht.

Es sei nicht verschwiegen, dass so ein Sextant auch seine Mucken haben kann. Herunterfallen ist für ihn tödlich, und das bereits aus geringer Höhe. Aber wenn man mal aus Versehen einen Spiegel berührt, kann der sich verschieben, und das macht den Sextanten in der Regel auch schon unbrauchbar. Kippfehler der Spiegel lassen sich meistens nur noch in der Fabrik wieder richten. An Bord kann man lediglich feststellen, ob der Sextant fehlerfrei arbeitet. Dazu kontrolliert man von Zeit zu Zeit den Index. Liegt die Berichtigung bei ein paar Winkelminuten, ist die Sache in Ordnung. Nähert man sich jedoch einem Winkelgrad oder liegt die IB sogar darüber, dann muss der Sextant in die Fabrik. Hin und wieder peilt man auch mal einen senkrechten Strich, z. B. eine Want. Bei fehlerfreien Spiegeln erscheint der Strich durchgehend, im Falle eines Kippfehlers versetzt. Einen winzigen Knick kann man sicherlich durchgehen lassen, aber wenn sich der Versatz den Rändern der Spiegel nähert, ist der gemessene Sextantwinkel mit Sicherheit falsch.

### 7.3.2 Das Chronometer

Die Chronometerzeit wird auf  $\pm 1$  Sekunde genau benötigt. Da jede Uhr mehr oder weniger von der exakten Zeit abweicht, legt man sich eine Tabelle an, aus der Gang und Stand der Uhr abgelesen werden können. Zum Vermeiden von Verwechslungen befestigt man am Kartentisch eine Uhr, die auf Greenwichzeit eingestellt ist und die man Chronometer nennt (auch wenn es sich um eine Casio-Uhr von Woolworth handelt).

Chronometergang und -stand		
Gang: <u>0,5</u> sek pro Tag		
Datum	Uhrzeit	Chronometerzeit = Stand
1.4.91	19.00 - 00	19-00-14
2.4.91	19.00 - 00	19-00-14
3.4.91	19.00 - 00	19-00-15
4.4.91	19.00 - 00	19-00-15
5.4.91	19.00 - 00	19-00-16
6.4.91	19.00 - 00	19-00-16
7.4.91	19.00 - 00	19-00-17
8.4.91	usw.	usw.
9.4.91		
10.4.91		



Man notiert über einen Zeitraum von mehreren (10 bis 20) Tagen (immer um die gleiche Zeit, z. B. um 19.00 Uhr vor den Nachrichten) die Uhrzeit auf der später zum Chronometer ernannten Uhr, die man am ersten Tag der Aktion genau um 19.00 Uhr (= MEZ) bzw. um 20.00 Uhr (= MESZ) auf 18.00 Uhr (= UT1) gestellt hat. Aus der im Verlauf mehrerer Tage eingetretenen Abweichung errechnet man die tägliche Abweichung, den sog. „Gang“ des Chronometers. Der Gang wird in Sekunden pro Tag angegeben und oben auf dem Vordruck notiert. Auf See schreibt man den Gang pro Tag in der Tabelle fort und hat damit für jeden Tag den Stand des Chronometers. Um diesen Stand muss die Chronometerablesung jedesmal korrigiert werden, damit man die UT1 erhält.

Auf See bekommt man das Zeitzeichen von Zeitzeichensendern. Sie haben die Frequenz 5, 10, 15, 20, 25 oder 30 MHz. In Europa kann man sich die exakte Weltzeit auch täglich um 10.00 Uhr UT1 vom ORF auf 6155 kHz holen. Beim letzten Ton des Zeitzeichens drückt man die Stoppuhr, und mit der eicht man dann das UT1-Chronometer. Z. B. stellt man sein Chronometer auf 10.01 Uhr ein und drückt den Sekundenzeiger ständig auf 00. Sobald die Stoppuhr eine Minute vollendet hat, lässt man den Sekundenzeiger los.

### 7.3.3 Das Nautische Jahrbuch

Das BSH (früher DHI) gibt jedes Jahr ein Buch heraus, das „Nautisches Jahrbuch oder Ephemeriden und Tafeln für das Jahr sowieso“ genannt wird, abgekürzt: NJ. Für jeden Tag des Jahres gibt es eine Seite, die Ephemeriden, in der pro Stunde der Grt und die Declination  $\delta$  für Sonne, Mond, Planeten, den Frühlingspunkt sowie 50 ausgewählte Fixsterne (die Fixsterne nur tagesgenau) angegeben sind.

Zu dem Grt und der  $\delta$ , die für die volle Stunde vor der Sextantmessung entnommen wurden, addiert man den Zuwachs auf  $\pm$  eine Sekunde genau. Der Zuwachs ist ein Winkel und wird der Schalttafel für die betreffende Minute entnommen. Außerdem müssen oft über einen Unterschied Unt. Verbesserungen VB angebracht werden, um den richtigen GHA bzw. aus der  $\delta$  die Declination zu erhalten.

Weitere Berichtigungen sind anzubringen, weil der Abstand des Gestirns von der Erde eine Rolle spielen kann und die Augeshöhe über dem Meer, die Lichtbrechung sowie der Abstand des Gestirnmittelpunktes vom unteren oder oberen Rand in Korrekturgliedern berücksichtigt werden müssen. Für diese Korrekturen werden die Tafeln auf den Seiten 42 bis 45 benötigt.

Für die Berechnung der jeweiligen Standlinie sind aber nicht nur eine Menge von Korrekturgliedern anzubringen, in vielen Fällen können auch entscheidende Fehler gemacht werden, wenn man das

Jahr Monat Tag

Wochentag

Nr	FIXSTERNE		186 UT1	SONNE r 15,8'		MOND Alter 3,5 d				FRÜHLP. Grt
	β	δ		Grt	δ	Grt	Unt	δ	Unt	
44	172 18,5	57 04,7 S	0	178 55,0	22 52,4 N	130 59,4	9,5	6 53,2 N	14,4	282 15,3
45	168 10,5	59 39,3 S	1	193 54,9	22 52,2	145 27,9	9,5	6 38,8	14,5	297 17,8
49	158 47,7	11 07,5 S	2	208 54,8	22 52,0	159 56,4	9,6	6 24,3	14,5	312 20,3
50	153 11,0	49 21,2 N	3	223 54,7	22 51,8	174 25,0	9,6	6 09,8	14,5	327 22,7
51	149 10,0	60 20,6 S	4	238 54,6	22 51,5	188 53,6	9,7	5 55,3	14,5	342 25,2
53	146 09,8	19 13,3 N	5	253 54,5	22 51,3 N	203 22,3	9,8	5 40,8 N	14,5	357 27,7
54	140 12,7	60 48,5 S	6	268 54,3	22 51,1	217 51,1	9,8	5 26,3	14,6	12 30,1
56	137 22,6	16 00,8 S	7	283 54,2	22 50,9	232 19,9	9,8	5 11,7	14,6	27 32,6
57	137 18,5	74 11,4 N	8	298 54,1	22 50,6	246 48,7	9,9	4 57,1	14,6	42 35,0
60	124 01,0	6 26,9 N	9	313 54,0	22 50,4	261 17,6	10,0	4 42,5	14,6	57 37,5
61	112 45,1	26 25,1 S	10	328 53,9	22 50,2 N	275 46,6	10,0	4 27,9 N	14,6	72 40,0
62	108 00,6	69 01,1 S	11	343 53,8	22 50,0	290 15,6	10,0	4 13,3	14,7	87 42,4
64	96 42,7	37 06,0 S	12	358 53,7	22 49,7	304 44,6	10,1	3 58,6	14,6	102 44,9
65	96 20,6	12 34,0 N	13	13 53,6	22 49,5	319 13,7	10,2	3 44,0	14,7	117 47,4
66	95 47,5	42 59,7 S	14	28 53,5	22 49,3	333 42,9	10,2	3 29,3	14,7	132 49,8
67	90 52,8	51 29,5 N	15	43 53,3	22 49,1 N	348 12,1	10,2	3 14,6 N	14,6	147 52,3
68	84 04,1	34 23,3 S	16	58 53,2	22 48,8	2 41,3	10,3	3 00,0	14,7	162 54,8
69	80 49,1	38 46,6 N	17	73 53,1	22 48,6	17 10,6	10,3	2 45,3	14,7	177 57,2
71	62 23,1	8 51,0 N	18	88 53,0	22 48,4	31 39,9	10,4	2 30,6	14,7	192 59,7
72	53 43,1	56 45,4 S	19	103 52,9	22 48,1	46 09,3	10,4	2 15,9	14,7	208 02,1
73	49 41,7	45 15,2 N	20	118 52,8	22 47,9 N	60 38,7	10,4	2 01,2 N	14,6	223 04,6
75	34 02,2	9 50,5 N	21	133 52,7	22 47,7	75 08,1	10,5	1 46,6	14,7	238 07,1
76	28 02,9	46 59,5 S	22	148 52,6	22 47,4	89 37,6	10,5	1 31,9	14,7	253 09,5
77	19 26,1	46 55,1 S	23	163 52,5	22 47,2	104 07,1	10,6	1 17,2	14,7	268 12,0
78	15 40,9	29 39,4 S								
				T 12.04	Unt 0,2'	T 15.49	UT1 4	12 20		T 5.10
							HP 60,2'	60,0'	59,9'	

UT1	VENUS		MARS		JUPITER		SATURN	
	Grt	δ	Grt	δ	Grt	δ	Grt	δ
0	172 47,0	23 08,1 N	240 18,9	15 01,0 N	120 06,6	8 47,0 N	322 02,8	16 30,5 S
1	187 46,1	23 07,8	255 19,6	15 01,6	135 08,7	8 46,8	337 05,4	16 30,5
2	202 45,3	23 07,5	270 20,3	15 02,1	150 10,8	8 46,7	352 07,9	16 30,6
3	217 44,4	23 07,1	285 21,0	15 02,7	165 12,9	8 46,5	7 10,5	16 30,6
4	232 43,6	23 06,8	300 21,7	15 03,2	180 15,0	8 46,4	22 13,1	16 30,7
5	247 42,7	23 06,5 N	315 22,4	15 03,8 N	195 17,1	8 46,2 N	37 15,7	16 30,7 S
6	262 41,9	23 06,1	330 23,1	15 04,3	210 19,2	8 46,1	52 18,3	16 30,8
7	277 41,0	23 05,8	345 23,8	15 04,9	225 21,3	8 45,9	67 20,9	16 30,8
8	292 40,1	23 05,5	0 24,5	15 05,4	240 23,4	8 45,7	82 23,5	16 30,8
9	307 39,3	23 05,1	15 25,2	15 05,9	255 25,5	8 45,6	97 26,1	16 30,9
10	322 38,4	23 04,8 N	30 25,9	15 06,5 N	270 27,6	8 45,4 N	112 28,7	16 30,9 S
11	337 37,6	23 04,4	45 26,6	15 07,0	285 29,7	8 45,3	127 31,3	16 31,0
12	352 36,7	23 04,1	60 27,3	15 07,6	300 31,8	8 45,1	142 33,9	16 31,0
13	7 35,8	23 03,8	75 28,0	15 08,1	315 33,9	8 45,0	157 36,5	16 31,1
14	22 35,0	23 03,4	90 28,7	15 08,7	330 36,0	8 44,8	172 39,1	16 31,1
15	37 34,1	23 03,1 N	105 29,4	15 09,2 N	345 38,1	8 44,7 N	187 41,7	16 31,2 S
16	52 33,3	23 02,7	120 30,1	15 09,8	0 40,2	8 44,5	202 44,3	16 31,2
17	67 32,4	23 02,4	135 30,8	15 10,3	15 42,3	8 44,4	217 46,9	16 31,3
18	82 31,6	23 02,0	150 31,5	15 10,9	30 44,4	8 44,2	232 49,5	16 31,3
19	97 30,7	23 01,7	165 32,3	15 11,4	45 46,5	8 44,1	247 52,1	16 31,4
20	112 29,9	23 01,3 N	180 33,0	15 12,0 N	60 48,6	8 43,9 N	262 54,7	16 31,4 S
21	127 29,0	23 01,0	195 33,7	15 12,5	75 50,7	8 43,7	277 57,3	16 31,5
22	142 28,2	23 00,6	210 34,4	15 13,1	90 52,8	8 43,6	292 59,9	16 31,5
23	157 27,3	23 00,2	225 35,1	15 13,6	105 54,9	8 43,4	308 02,5	16 31,6
Unt	-0,9'	0,3'	0,7'	0,5'	2,1'	0,2'	2,6'	0,0'
	T 12.30	HP 0,1'	T 7.58	HP 0,1'	T 15.57	HP 0,0'	T 2.31	HP 0,0'
	Gr -3,9		Gr +0,9		Gr -1,8		Gr +0,4	

Beispiel für eine Ephemeridentafel aus dem NJ

Vorzeichen verwechselt. Auf das Konto dieser Vorzeichenfehler sollen eine Reihe von Strandungen auf Untiefen gehen. Damit die Gefahr, eine Korrektur zu vergessen oder nicht an das Vorzeichen zu denken, möglichst klein bleibt, arbeiten praktisch alle Astronavigatoren mit irgendwelchen Vordrucken. Den optimalen Vordruck scheint es nicht zu geben, weshalb sich jeder selbst seine Vordrucke



46 min

## Schalttafel

47 min

46 min	Zuwachs Grt			Unt	Vb	47 min	Zuwachs Grt			Unt	Vb
	Sonne Planet	Frühlp.	Mond				Sonne Planet	Frühlp.	Mond		
s	o /	o /	o /	/	/	s	o /	o /	o /	/	/
0	11 30,0	11 31,9	10 58,6	0,0	0,0	0	11 45,0	11 46,9	11 12,9	0,0	0,0
1	11 30,3	11 32,1	10 58,8	0,3	0,2	1	11 45,3	11 47,2	11 13,1	0,3	0,2
2	11 30,5	11 32,4	10 59,0	0,6	0,5	2	11 45,5	11 47,4	11 13,4	0,6	0,5
3	11 30,8	11 32,6	10 59,3	0,9	0,7	3	11 45,8	11 47,7	11 13,6	0,9	0,7
4	11 31,0	11 32,9	10 59,5	1,2	0,9	4	11 46,0	11 47,9	11 13,8	1,2	1,0
5	11 31,3	11 33,1	10 59,8	1,5	1,2	5	11 46,3	11 48,2	11 14,1	1,5	1,2
6	11 31,5	11 33,4	11 00,0	1,8	1,4	6	11 46,5	11 48,4	11 14,3	1,8	1,4
7	11 31,8	11 33,6	11 00,2	2,1	1,6	7	11 46,8	11 48,7	11 14,6	2,1	1,7
8	11 32,0	11 33,9	11 00,5	2,4	1,9	8	11 47,0	11 48,9	11 14,8	2,4	1,9
9	11 32,3	11 34,1	11 00,7	2,7	2,1	9	11 47,3	11 49,2	11 15,0	2,7	2,1
10	11 32,5	11 34,4	11 01,0	3,0	2,3	10	11 47,5	11 49,4	11 15,3	3,0	2,4
11	11 32,8	11 34,6	11 01,2	3,3	2,6	11	11 47,8	11 49,7	11 15,5	3,3	2,6
12	11 33,0	11 34,9	11 01,4	3,6	2,8	12	11 48,0	11 49,9	11 15,7	3,6	2,9
13	11 33,3	11 35,1	11 01,7	3,9	3,0	13	11 48,3	11 50,2	11 16,0	3,9	3,1
14	11 33,5	11 35,4	11 01,9	4,2	3,3	14	11 48,5	11 50,4	11 16,2	4,2	3,3
15	11 33,8	11 35,6	11 02,1	4,5	3,5	15	11 48,8	11 50,7	11 16,5	4,5	3,6
16	11 34,0	11 35,9	11 02,4	4,8	3,7	16	11 49,0	11 50,9	11 16,7	4,8	3,8
17	11 34,3	11 36,2	11 02,6	5,1	4,0	17	11 49,3	11 51,2	11 16,9	5,1	4,0
18	11 34,5	11 36,4	11 02,9	5,4	4,2	18	11 49,5	11 51,4	11 17,2	5,4	4,3
19	11 34,8	11 36,7	11 03,1	5,7	4,4	19	11 49,8	11 51,7	11 17,4	5,7	4,5
20	11 35,0	11 36,9	11 03,3	6,0	4,7	20	11 50,0	11 51,9	11 17,7	6,0	4,8
21	11 35,3	11 37,2	11 03,6	6,3	4,9	21	11 50,3	11 52,2	11 17,9	6,3	5,0
22	11 35,5	11 37,4	11 03,8	6,6	5,1	22	11 50,5	11 52,4	11 18,1	6,6	5,2
23	11 35,8	11 37,7	11 04,1	6,9	5,3	23	11 50,8	11 52,7	11 18,4	6,9	5,5
24	11 36,0	11 37,9	11 04,3	7,2	5,6	24	11 51,0	11 52,9	11 18,6	7,2	5,7
25	11 36,3	11 38,2	11 04,5	7,5	5,8	25	11 51,3	11 53,2	11 18,8	7,5	5,9
26	11 36,5	11 38,4	11 04,8	7,8	6,0	26	11 51,5	11 53,4	11 19,1	7,8	6,2
27	11 36,8	11 38,7	11 05,0	8,1	6,3	27	11 51,8	11 53,7	11 19,3	8,1	6,4
28	11 37,0	11 38,9	11 05,2	8,4	6,5	28	11 52,0	11 53,9	11 19,6	8,4	6,7
29	11 37,3	11 39,2	11 05,5	8,7	6,7	29	11 52,3	11 54,2	11 19,8	8,7	-
30	11 37,5	11 39,4	11 05,7	9,0	7,0	30	11 52,5	11 54,5	11 20,0	-	-
31	11 37,8	11 39,7	11 06,0	9,3	7,2	31	11 52,8	11 54,7	-	-	-
32	11 38,0	11 39,9	11 06,2	9,6	7,4	32	11 53,0	-	-	-	-
33	11 38,3	11 40,2	11 06,4	9,9	7,7	33	11 53,2	-	-	-	-
34	11 38,5	11 40,4	11 06,7	10,2	7,9						
35	11 38,8	11 40,7	11 07,0								
36											

*Beispiel für eine Schalttafel aus dem NJ*

bastelt. So auch ich. Mein Bestreben war dabei, alles auf einer Seite zu haben, denn das Umblättern und Wühlen in dicken Büchern ist nicht nach meinem Geschmack. Bei der Unmenge an Rechenaufwand muss das natürlich ein frommer Wunsch bleiben. Aber den Vordruck für Sonne, Mond und Planeten habe ich auf eine einzige Seite quetschen können, und den Vordruck für die Hilfsrechnungen und Korrekturrechnungen auf eine zweite. Je ein Vordruck wird für Fixsterne, Mittagsbreite, Mittagslänge und die Nordsternbreite benötigt. Das ist relativ wenig.

Die Ephemeridentafeln enthalten noch weitere Angaben, die aber in der Regel nicht gebraucht werden. „T“ ist der Zeitpunkt, zu dem das Gestirn durch den Meridian von Greenwich geht, „Gr“ ist die Helligkeit des Planeten (Größe), die Angabe „Alter“ beim Mond besagt, wieviele Tage seit Neumond vergangen sind und „r“ ist der jeweils zu sehende Sonnenhalbmesser (Radius).

## 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	+0,6	-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	+5,5	+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	-0,9	-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
12	+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
13	+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
14	+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
15	+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
16	+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
17	+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
18	+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
19	+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
20	+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
22	+13,8	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
24	+14,0	11,4	10,4	9,6	8,9	8,3	7,8	7,3	6,8	6,4	6,0	5,6	5,2	4,9	4,5	4,2	3,9	3,6	3,3	3,0	2,7
26	+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
28	+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
30	+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
35	+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
40	+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
45	+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
50	+15,3	12,7	11,7	10,9	10,2	9,6	9,1	8,6	8,2	7,7	7,3	6,9	6,6	6,2	5,9	5,5	5,2	4,9	4,6	4,3	4,0
55	+15,4	12,9	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
60	+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
70	+15,7	13,2	12,2	11,4	10,7	10,1	9,5	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
80	+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
90	+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

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 Sonnenoberrandes												
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'	

*Beispiel für die Gesamtbeschickung GB Sonne aus dem NJ*

## Gesamtbeschreibung für den Kimmabstand eines Fixsterns oder Planeten

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
0	0																				
3	-14,4	17,0	18,1	19,0	19,7	20,3	20,9	21,4	21,9	22,3	22,8	23,2	23,5	23,9	24,3	24,7	25,0	25,3	25,6	25,9	26,2
3,5	-12,9	15,5	16,6	17,5	18,2	18,8	19,4	19,9	20,4	20,8	21,2	21,6	22,0	22,4	22,8	23,1	23,4	23,8	24,1	24,4	24,7
4	-11,8	14,3	15,4	16,3	17,0	17,6	18,1	18,6	19,1	19,6	20,0	20,4	20,8	21,1	21,5	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4
4,5	-10,8	13,3	14,4	15,2	16,0	16,6	17,1	17,6	18,1	18,5	19,0	19,4	19,7	20,1	20,5	20,8	21,1	21,5	21,8	22,1	22,4
5	-9,9	12,4	13,5	14,3	15,0	15,6	16,2	16,7	17,2	17,6	18,0	18,5	18,9	19,2	19,5	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4
5,5	-9,1	11,7	12,8	13,6	14,3	14,9	15,4	15,9	16,4	16,8	17,3	17,7	18,0	18,4	18,8	19,1	19,4	19,7	20,1	20,4	20,6
6	-8,5	11,0	12,1	12,9	13,6	14,2	14,8	15,3	15,7	16,2	16,6	17,0	17,4	17,7	18,1	18,4	18,7	19,0	19,4	19,7	19,9
6,5	-7,9	10,5	11,5	12,3	13,0	13,6	14,2	14,7	15,2	15,6	16,0	16,4	16,8	17,1	17,5	17,8	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4
7	-7,4	9,9	11,0	11,8	12,5	13,1	13,7	14,2	14,7	15,1	15,5	15,9	16,2	16,6	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8
7,5	-7,0	9,5	10,6	11,4	12,1	12,7	13,2	13,7	14,2	14,6	15,0	15,4	15,8	16,1	16,5	16,8	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4
8	-6,6	9,1	10,2	11,0	11,7	12,3	12,8	13,3	13,8	14,2	14,6	15,0	15,4	15,7	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,7	18,0
8,5	-6,2	8,8	9,8	10,6	11,3	11,9	12,4	12,9	13,4	13,8	14,2	14,6	15,0	15,4	15,7	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6
9	-5,9	8,4	9,5	10,3	11,0	11,6	12,1	12,6	13,1	13,5	13,9	14,3	14,7	15,0	15,4	15,7	16,0	16,4	16,7	17,0	17,3
9,5	-5,6	8,1	9,2	10,0	10,7	11,3	11,8	12,3	12,8	13,2	13,6	14,0	14,4	14,7	15,1	15,4	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0
10	-5,3	7,8	8,9	9,7	10,4	11,0	11,5	12,0	12,5	12,9	13,3	13,7	14,1	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7
11	-4,8	7,4	8,5	9,3	10,0	10,6	11,1	11,6	12,0	12,5	12,9	13,2	13,6	14,0	14,3	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2
12	-4,4	7,0	8,1	8,9	9,6	10,2	10,7	11,2	11,6	12,1	12,5	12,8	13,2	13,6	13,9	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8
13	-4,1	6,7	7,7	8,5	9,2	9,8	10,3	10,8	11,3	11,7	12,1	12,5	12,9	13,2	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4
14	-3,8	6,3	7,4	8,2	8,9	9,5	10,0	10,5	11,0	11,4	11,8	12,1	12,5	12,9	13,2	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1
15	-3,6	6,1	7,2	8,0	8,7	9,3	9,8	10,2	10,7	11,1	11,5	11,9	12,3	12,7	13,0	13,3	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9
16	-3,3	5,9	7,0	7,8	8,4	9,0	9,5	10,0	10,5	10,9	11,3	11,7	12,1	12,4	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	14,3	14,6
17	-3,1	5,7	6,8	7,6	8,2	8,8	9,3	9,8	10,3	10,7	11,1	11,5	11,9	12,2	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4
18	-2,9	5,5	6,6	7,4	8,0	8,6	9,1	9,6	10,1	10,5	10,9	11,3	11,7	12,1	12,4	12,7	13,0	13,4	13,7	14,0	14,2
19	-2,8	5,3	6,4	7,2	7,9	8,5	9,0	9,5	9,9	10,4	10,8	11,2	11,5	11,9	12,2	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1
20	-2,6	5,2	6,2	7,0	7,7	8,3	8,8	9,3	9,8	10,2	10,6	11,0	11,3	11,7	12,0	12,4	12,7	13,0	13,4	13,7	13,9
22	-2,4	4,9	6,0	6,8	7,5	8,1	8,6	9,0	9,5	9,9	10,3	10,7	11,1	11,5	11,8	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7
24	-2,2	4,7	5,8	6,6	7,3	7,9	8,4	8,8	9,3	9,7	10,1	10,5	10,9	11,3	11,6	11,9	12,2	12,6	12,9	13,2	13,4
26	-2,0	4,5	5,6	6,4	7,1	7,7	8,2	8,6	9,1	9,6	10,0	10,3	10,7	11,1	11,4	11,7	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3
28	-1,8	4,3	5,4	6,2	6,9	7,5	8,0	8,5	8,9	9,4	9,8	10,2	10,5	10,9	11,2	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1
30	-1,7	4,2	5,3	6,0	6,7	7,3	7,8	8,3	8,8	9,2	9,6	10,0	10,4	10,8	11,1	11,4	11,8	12,1	12,4	12,7	12,9
35	-1,4	3,9	4,9	5,7	6,4	7,0	7,6	8,1	8,6	9,0	9,4	9,8	10,2	10,5	10,8	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,6
40	-1,1	3,7	4,7	5,5	6,2	6,8	7,3	7,8	8,3	8,7	9,1	9,5	9,9	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4
45	-1,0	3,5	4,5	5,3	6,0	6,6	7,1	7,6	8,1	8,5	8,9	9,3	9,7	10,0	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2
50	-0,8	3,3	4,4	5,2	5,9	6,5	7,0	7,5	7,9	8,4	8,8	9,2	9,5	9,9	10,2	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1
55	-0,7	3,2	4,3	5,1	5,7	6,3	6,9	7,4	7,8	8,3	8,7	9,1	9,4	9,8	10,1	10,4	10,8	11,1	11,4	11,6	11,9
60	-0,6	3,1	4,1	4,9	5,6	6,2	6,7	7,2	7,7	8,1	8,5	8,9	9,3	9,6	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8
70	-0,4	2,9	3,9	4,7	5,4	6,0	6,5	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7	9,1	9,4	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6
80	-0,2	2,7	3,7	4,5	5,2	5,8	6,3	6,8	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9	9,2	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4
90	-0,0	2,5	3,6	4,4	5,1	5,7	6,2	6,7	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7	9,1	9,4	9,7	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3

Zusatzbeschreibung für Planeten						
Kimmabstand	Horizontparallaxe					
	0,1'	0,2'	0,3'	0,4'	0,5'	0,6'
0	0					
10	+0,1	+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,6
30	+0,1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5
50	+0,1	+0,1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,4
70	0,0	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,2
80	0,0	0,0	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1
90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

*Beispiel für die Gesamtbeschreibung GB Fixsterne und Planeten aus dem NJ*

Gesamtbeschickung für den Kimmabstand des Mondunterrandes

Kimmabstand	Horizontparallaxe															
	54,0'	54,5'	55,0'	55,5'	56,0'	56,5'	57,0'	57,5'	58,0'	58,5'	59,0'	59,5'	60,0'	60,5'	61,0'	
3	+48,4	49,1	49,7	50,3	50,9	51,5	52,2	52,8	53,5	54,1	54,7	55,3	56,0	56,6	57,3	
3,5	+49,8	50,5	51,1	51,7	52,3	52,9	53,6	54,3	55,0	55,6	56,2	56,8	57,5	58,1	58,8	
4	+51,0	51,7	52,3	52,9	53,5	54,1	54,8	55,5	56,2	56,8	57,4	58,0	58,7	59,3	60,0	
4,5	+52,0	52,7	53,3	53,9	54,5	55,1	55,8	56,5	57,1	57,8	58,4	59,0	59,7	60,3	60,9	
5	+52,9	53,6	54,2	54,8	55,4	56,0	56,7	57,3	58,0	58,6	59,2	59,8	60,5	61,1	61,8	
5,5	+53,6	54,3	54,9	55,5	56,1	56,8	57,4	58,1	58,7	59,3	59,9	60,6	61,3	61,9	62,5	
6	+54,3	54,9	55,5	56,2	56,8	57,4	58,1	58,7	59,3	60,0	60,6	61,3	61,9	62,5	63,1	
6,5	+54,8	55,4	56,0	56,7	57,3	57,9	58,6	59,2	59,8	60,5	61,1	61,8	62,4	63,0	63,6	
7	+55,3	55,9	56,5	57,1	57,8	58,4	59,1	59,7	60,3	60,9	61,6	62,2	62,9	63,5	64,1	
7,5	+55,7	56,3	56,9	57,5	58,2	58,8	59,5	60,1	60,7	61,3	62,0	62,6	63,3	63,9	64,5	
8	+56,0	56,7	57,3	57,9	58,5	59,1	59,8	60,4	61,0	61,6	62,3	62,9	63,6	64,2	64,8	
8,5	+56,3	57,0	57,6	58,2	58,8	59,4	60,1	60,7	61,3	61,9	62,6	63,2	63,9	64,5	65,1	
9	+56,5	57,2	57,8	58,4	59,1	59,7	60,3	60,9	61,6	62,2	62,8	63,4	64,1	64,7	65,4	
9,5	+56,8	57,4	58,0	58,6	59,3	59,9	60,5	61,1	61,8	62,4	63,0	63,6	64,3	64,9	65,6	
10	+57,0	57,6	58,2	58,8	59,5	60,1	60,7	61,3	62,0	62,6	63,2	63,8	64,5	65,1	65,8	
11	+57,3	57,9	58,5	59,1	59,8	60,4	61,0	61,6	62,3	62,9	63,5	64,1	64,8	65,4	66,1	
12	+57,5	58,1	58,7	59,3	60,0	60,6	61,2	61,8	62,5	63,1	63,7	64,3	65,0	65,6	66,2	
13	+57,6	58,3	58,9	59,5	60,1	60,7	61,3	61,9	62,6	63,2	63,9	64,5	65,1	65,7	66,3	
14	+57,7	58,3	58,9	59,5	60,2	60,8	61,4	62,0	62,7	63,3	63,9	64,5	65,2	65,8	66,4	
15	+57,7	58,4	59,0	59,6	60,2	60,8	61,4	62,0	62,7	63,3	63,9	64,5	65,2	65,8	66,4	
16	+57,7	58,4	59,0	59,6	60,2	60,8	61,4	62,0	62,7	63,3	63,9	64,5	65,1	65,7	66,4	
17	+57,6	58,3	58,9	59,5	60,1	60,7	61,3	61,9	62,6	63,2	63,8	64,4	65,0	65,6	66,3	
18	+57,5	58,2	58,8	59,4	60,0	60,6	61,2	61,8	62,5	63,1	63,7	64,3	64,9	65,5	66,1	
19	+57,4	58,0	58,6	59,2	59,8	60,4	61,1	61,7	62,3	62,9	63,5	64,1	64,7	65,3	65,9	
20	+57,2	57,9	58,5	59,1	59,7	60,3	60,9	61,5	62,1	62,7	63,3	63,9	64,5	65,1	65,7	
21	+57,0	57,7	58,3	58,9	59,5	60,1	60,7	61,3	61,9	62,5	63,1	63,7	64,3	64,9	65,5	
22	+56,8	57,4	58,0	58,6	59,2	59,8	60,4	61,0	61,6	62,2	62,8	63,4	64,1	64,6	65,2	
23	+56,6	57,2	57,8	58,4	59,0	59,6	60,2	60,8	61,4	62,0	62,6	63,2	63,8	64,3	64,9	
24	+56,3	56,9	57,5	58,1	58,7	59,3	59,9	60,5	61,1	61,7	62,3	62,9	63,5	64,0	64,6	
25	+56,0	56,6	57,2	57,8	58,4	59,0	59,6	60,2	60,8	61,3	61,9	62,5	63,1	63,7	64,3	
26	+55,7	56,3	56,9	57,5	58,1	58,6	59,2	59,8	60,4	61,0	61,6	62,2	62,8	63,3	63,9	
27	+55,4	56,0	56,5	57,1	57,7	58,3	58,9	59,4	60,0	60,6	61,2	61,8	62,4	62,9	63,5	
28	+55,0	55,6	56,2	56,7	57,3	57,9	58,5	59,0	59,6	60,2	60,8	61,4	62,0	62,5	63,1	
29	+54,6	55,2	55,8	56,3	56,9	57,5	58,1	58,6	59,2	59,8	60,4	61,0	61,6	62,1	62,7	
30	+54,2	54,8	55,4	55,9	56,5	57,1	57,7	58,3	58,8	59,4	60,0	60,5	61,1	61,6	62,2	
31	+53,8	54,4	55,0	55,5	56,1	56,6	57,2	57,8	58,4	58,9	59,5	60,0	60,6	61,2	61,8	
32	+53,4	54,0	54,5	55,1	55,7	56,2	56,8	57,3	57,9	58,4	59,0	59,6	60,2	60,7	61,3	
33	+53,0	53,6	54,1	54,6	55,2	55,7	56,3	56,9	57,4	57,9	58,5	59,1	59,7	60,2	60,8	
34	+52,5	53,1	53,6	54,1	54,7	55,2	55,8	56,3	56,9	57,4	58,0	58,5	59,1	59,6	60,2	
35	+52,0	52,6	53,1	53,6	54,2	54,7	55,3	55,8	56,4	56,9	57,5	58,0	58,6	59,1	59,7	
36	+51,5	52,1	52,6	53,1	53,7	54,2	54,8	55,3	55,9	56,4	56,9	57,4	58,0	58,5	59,1	
37	+51,0	51,6	52,1	52,6	53,2	53,7	54,2	54,7	55,3	55,8	56,4	56,9	57,5	58,0	58,5	
38	+50,5	51,1	51,6	52,1	52,6	53,1	53,7	54,2	54,7	55,2	55,8	56,3	56,9	57,4	57,9	
39	+49,9	50,5	51,0	51,5	52,0	52,5	53,1	53,6	54,2	54,7	55,2	55,7	56,3	56,8	57,3	
40	+49,4	49,9	50,4	50,9	51,5	52,0	52,5	53,0	53,6	54,1	54,6	55,1	55,6	56,1	56,7	
41	+48,8	49,3	49,8	50,3	50,9	51,4	51,9	52,4	52,9	53,4	54,0	54,5	55,0	55,5	56,0	
42	+48,2	48,8	49,3	49,8	50,3	50,8	51,3	51,8	52,3	52,8	53,3	53,8	54,3	54,8	55,4	
43	+47,6	48,2	48,7	49,2	49,7	50,2	50,7	51,2	51,7	52,2	52,7	53,2	53,7	54,2	54,7	
Mond-	durchm.	29,4'	29,7'	30,0'	30,3'	30,6'	30,8'	31,1'	31,4'	31,7'	32,0'	32,2'	32,5'	32,8'	33,0'	33,3'
Bei Beobachtung des Mondoberrandes ist die Gesamtbeschickung um den Betrag des Monddurchmessers zu vermindern.																
Berichtigung wegen der Augeshöhe																
Ah in m		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20				
Berichtigung		+5,6'	+3,1'	+2,0'	+1,2'	+0,6'	0,0'	-0,6'	-1,1'	-1,5'	-1,9'	-2,3'				
Ah in m		20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40				
Berichtigung		-2,3'	-2,7'	-3,1'	-3,4'	-3,8'	-4,1'	-4,4'	-4,7'	-5,0'	-5,3'	-5,6'				

Beispiel für eine der zwei Seiten der die Gesamtbeschickung GB Mond aus dem NJ

### 7.3.4 Die H.O. 249-Tafeln

Die Vorläufer der H.O.-Tafeln 249 wurden im zweiten Weltkrieg erfunden, damit die Navigatoren der englischen Bomber ihre Ziele leichter finden konnten. Deshalb enthalten die Tafeln auch noch viele Umrechnungstabellen für bestimmte (Flug-)Höhen, was dem Segler keinen Nutzen bringt. Vor der Astronavigation mit H.O. 249 wurden Hr und rw Zn mit Hilfe des sogenannten Semiversusverfahrens gerechnet, was angeblich keine große Freude war. Ich kenne es nicht, und kann deshalb auch nichts dazu sagen. Auch über das kurze Aufflackern moderner Methoden weiß ich wenig, nämlich das Rechnen von Hr und rw Zn mit einem programmierbaren Taschenrechner. Die ersten Programme (fest eingegeben oder auf Magnetstreifen käuflich) waren so teuer, dass man sich heute dafür einen ganzen Arm voll GPS-Geräte kaufen kann. Ich glaube kaum, dass die Taschenrechnermethode jemals eine Chance gegen GPS hatte oder haben wird.

Um das Arbeiten mit H.O. 249 zu verdeutlichen zeige ich hier ein paar Auszüge, nämlich eine Seite aus Band 2, eine Seite aus Band 1 (Selected Stars) und etwas von der Interpolationstafel 5, TABLE 5. Letztere aus Platzgründen zuerst.

TABLE 5.—Correction to Tabulated Altitude for Minutes of Declination

$d$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	4						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Beispiel für die Korrekturtable 5 (Umwandlung von d in Winkelminuten) in den H.O. 249-Tafeln Vol. 2 und 3*

LAT 43°

DECLINATION (0°-14°) SAME NAME AS LATITUDE

LHA greater than 180° ..... Z=360-Z

Table with columns for LHA, Dec, and various time zones (0 to 14). Each column contains a list of numbers representing celestial coordinates. The table is organized into 15 rows, each corresponding to a declination from 0° to 14°.

Beispiel für eine Seite aus der H.O. 249-Tafel, Vol. 2 (Breite: 43°, Declination: 0 bis 14°, same, LHA: 0 bis 63° und 360 bis 296°)

## 7.4 Einfache Standortbestimmung aus Mittagsbreite und Mittagshöhe

Misst man die Höhe der Sonne über dem Horizont genau zur Zeit des Schiffsmittags, so kann man die geographische Breite des Schiffes sehr einfach ermitteln: Die geographische Breite des Schiffes ist  $LAT = 90^\circ - \text{Sextantablesung} \pm \text{Declination der Sonne}$ . Die Declination ist die Gradzahl, die sich das Gestirn zur Zeit der Messung gerade nördlich oder südlich des Äquators befindet. Die komplette Berechnung - zusammen mit den entsprechenden Korrekturen - nennt man Bestimmung der „Mittagsbreite“. Den Schiffsmittag kann ich, z. B. in dem Vordruck, vorherberechnen, muss es aber nicht. Statt dessen kann ich auch die Sonnenhöhe so lange messen, bis sie nicht mehr steigt.

Die Mittagslänge LON des Schiffes lässt sich mit unwesentlich mehr Aufwand und einer genauen Uhr ermitteln. Dazu nimmt man einen Winkel in den Sextanten, hält die Zeit am Vormittag fest, wenn die Sonne gerade unter diesem Winkel erscheint, und ermittelt noch einmal am Nachmittag den Zeitpunkt, zu dem die Sonne unter dem gleichen Winkel gemessen wird. Genau in der Mitte zwischen den beiden Zeiten war Schiffsmittag. Man erhält also die Schiffslänge nachträglich und muss von da an bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt koppeln.

Werden lediglich zwei zeitsymmetrische Messungen für die Mittagshöhe benötigt, kann man auf das Beschießen der Sextantablesungen verzichten. Man geht am späten Vormittag (ca. 11 Uhr Ortszeit) an Deck und nimmt einen voreingestellten Sonnenunterrand in den Sextanten. Im Abstand von etwa 1 Minute kontrolliert man, ob der voreingestellte Winkel bald erreicht sein wird. Kurz vorher muss man dann den Sextanten am Auge behalten und den Zeitpunkt, zu dem sich die Sonne ohne Zwischenraum auf die Kimm setzen lässt, sekundengenau festhalten. Mit einem ordentlichen Sextanten und ein wenig Übung geht das recht gut. Von da ab zählt man 21, 22, 23, usw., wobei man den Sextanten in seinem Koffer verstaut, und drückt dann die Stoppuhr am Handgelenk. Nun begibt man sich zum Kartentisch, bringt den Sextanten in Sicherheit und drückt die Stoppuhr wieder, sobald das Chronometer eine volle Minute zeigt. Diese Chronometerzeit notiert man unter UT1 der Messung im Vordruck. Davon subtrahiert man die Stoppuhrsekunden + die 3 bis 4 'zu Fuß' gezählten Sekunden beim Wegpacken des Sextanten. Hat man für die Prozedur mehr als eine Minute benötigt, muss man die zu viel verbrauchten Minute(n) ebenfalls subtrahieren.

Die UT1 der Messung am Nachmittag wird auf die gleiche Weise erhalten. Man begibt sich wenige Minuten vor Erreichen des voreingestellten Sextantwinkels (was sich über den Daumen ganz gut abschätzen lässt) an Deck und misst die Nachmittags-UT1. Die beiden Zeiten werden addiert und durch 2 geteilt (Achtung! keine Dezimalrechnung!). Das Ergebnis ist die Greenwich-Zeit, zu der Schiffsmittag war.

Der Bildpunkt der Sonne befand sich an meinem Schiffsmittag auf meiner geographischen Länge. Woher bekomme ich sie? Aus der Ephemeridentafel des aktuellen Tages des nautischen Jahrbuches NJ, und zwar aus der Spalte Sonne, Grt. Ich notiere denjenigen Grt in meinen Vordruck, der als volle Stunde vor meinem Schiffsmittag lag. Die Minuten und Sekunden hole ich aus der entsprechenden Schalttafel. Nach Addition erhalte ich den GHA (Greenwich Hour Angle). Liegt mein Schiffsort westlich von Greenwich, dann ist der GHA meine geographische Länge. Befinde ich mich östlich von Greenwich, muss ich den GHA von  $360^\circ$  abziehen.

Ein Schiffsort aus Mittagsbreite und Mittagslänge ist, korrektes Vorgehen vorausgesetzt, das genaueste, was die Astronavigation hergibt. Wenn ich bei einer Atlantik-Überquerung jeden Tag Mittagsbreite und Mittagslänge bestimme und ansonsten koppele, genügt das allemal. Die Astronavigation wurde jedoch für alle Positionsbestimmungen außerhalb der Landsicht benötigt. Man wollte wissen, wo ungefähr, d. h. auf ein bis drei sm genau, man auf Land treffen wird - und ganz am Anfang hat man so die Küstenverläufe für die See- und Landkarten ermittelt. Bei Landsicht konnte man dann terrestrisch weiterravigieren.

## Mittagsbreite



☉ = Sonne ☉ = Sonnenoberrand  
Eph = Ephemeridentafeln

Datum: \_\_\_\_\_  
Ortszeit [ h, mm ]: \_\_\_\_\_  
Koppelort φ N/S: \_\_\_\_\_  
Koppelort λ E/W: \_\_\_\_\_  
Augeshöhe [ m ]: \_\_\_\_\_

	Woher kommt die Info?				
M I T T A G	bei Schiffsort Ost: <b>-!</b>	Schiffs- mittag voraus- berechnen	359° 60,0'		
	bei Schiffsort West:		- Koppel-λ Ost		
	NJ/Eph-, Grt ☉		= Koppel-λ		
	Differenz bilden		volle Stunde vor:		
	Schalttafel rückwärts <b>+!</b>		nicht verbrauchte °:		
	Summe	UT1 bei Schiffsmittag:			
S E X T A N T	Sextant/Limbus+Trommel		Ablesung:		
	Sextant/Trommel <b>+/-!</b>		[Indexberichtigung] ±IB:		
	NJ = Natisches Jahrbuch		[Kimmabstand] = KA:		
	NJ (AH) S. 42 <b>+/-!</b> AH = Augeshöhe		[Gesamtbeschick.] ±GB:		
	NJ (☉☉) S. 42 <b>+/-!</b>		Summe =		
	wahre Höhe = Ergebnis	ggf. ±Zusatzbeschickung:	= Hb:		
Z E N I T	3 mögliche Fälle:	NJ Eph.	[Eph, Spalte δ] = Dec.:		
	1. same, ☉ äquatorwärts		LAT = (90 + Dec. ) - Hb:		
	2. same, ☉ polwärts		LAT = (Dec. - 90) + Hb:		
	3. contrary	same polwärts gibts nur in Äquatormähe	LAT = (Dec. - 90) - Hb:		

## Mittagslänge



☉ = Sonne  
Eph = Ephemeridentafeln

Datum: \_\_\_\_\_  
Ortszeit [ h, mm ]: \_\_\_\_\_  
Koppelort φ N/S: \_\_\_\_\_  
Koppelort λ E/W: \_\_\_\_\_  
Augeshöhe [ m ]: \_\_\_\_\_

	Woher kommt die Info?				
V O R M I T.	Sextantwinkel (voreingest.)		Sextant-Ablesung:		
	Chronometer ablesen		UT1 der Messung:		
	Stoppuhr + 21, 22, 23, ... <b>-!</b>		- Zwischensekunden:		
	Stand (aus Gang-Tab.) <b>+/-!</b>		+/- Gangsekunden:		
	ausrechnen		UT1 der 1. Ablesung:		
N A C H M I T.	Sextantwinkel (voreingest.)	= Vormittags-Winkel:		exakt der gleiche Winkel ←	
	Chronometer ablesen		UT1 der Messung:		
	Stoppuhr + 21, 22, 23, ... <b>-!</b>		- Zwischensekunden:		
	Stand (aus Gang-Tab.) <b>+/-!</b>		+/- Gangsekunden:		
	ausrechnen		UT1 der 2. Ablesung:		
U T1	UT1 Vor+Nachm. addieren		Summe UT1:		
	Ergebnis durch 2 teilen	UT1 wahrer Schiffsmittag:			
G H A	Grt ☉ volle Stunde (Eph)		Grt Sonne:		
	Grt min + sek (Schalttafel) <b>+!</b>		+ Zuwachs:		
	Längengraddifferenz ausrechnen		= GHA:		
L O N G	Schiffsort westlich Greenwich	GHA = Schiffslänge:			
	Schiffsort östlich Greenwich	Subtr. von 359° 60,0':	359° 60,0'	359° 60,0'	359° 60,0'
	Die Schiffslänge ist bei SO Ost = 360° minus GHA:				

Hinweis: Segelt man in Nord/Südrichtung, muß man am Nachmittag pro Seemeile zur Sonne hin den Sextantwinkel um 1 Winkelminute weiter öffnen; bei Versegelung von der Sonne weg um 1' schließen.



## 7.5 Messen, Berechnen und Zeichnen einer Astro-Standlinie

Ein Gestirn, welches mehr oder weniger genau über mir steht, darf ich für die Standortbestimmung nicht heranziehen. Ab einer gewissen Höhe kann ich nämlich nicht mehr die Richtung des Objektes hinreichend genau zuordnen. Steht die Sonne z. B.  $87^\circ$  hoch über der Kimm, ich messe aber von der Gegenseite aus, dann erhalte ich  $93^\circ$ . Das kann natürlich nicht sein, aber wenn die Sonne  $83^\circ$  hoch steht und ich messe  $87^\circ$ , weil ich den Sextant in die falsche Richtung gehalten habe, dann werde ich mitunter nicht rechtzeitig misstrauisch. Vorsichtige Astronavigatoren werten kein Objekt mehr aus, das höher als  $75^\circ$  am Himmel steht; und wegen der Parallaxenfehler verschmähen sie auch Objekte, die tiefer als  $15^\circ$  stehen.

Das aber bedeutet, dass der Bildpunkt des Gestirns stets ein paar tausend Kilometer entfernt ist. Mindestens. Will ich Bildpunkt und Schiffsort auf der gleichen Karte haben, dann muss die Karte so groß sein, dass ich mit dem Ergebnis nichts mehr anfangen kann (genaugenommen bräuchte ich einen Globus). Deshalb muss ich anders vorgehen, z. B. die Schiffskoordinaten auf einer Hilfskarte mit Standlinien zeichnerisch ermitteln und anschließend in meine Seekarte übertragen.

Der Standort des Schiffes ist da, wo sich zwei Standlinien kreuzen. Das können zwei Astrostandlinien sein, aber auch eine Kombination aus einer Astrostandlinie und einer Funkstandlinie oder einer terrestrisch ermittelten Standlinie. Auch versiegelte (terrestrische, Funk- oder Astro-) Standlinien wurden verwendet. Astro-Höhenwinkelmessungen sind - genau wie die Höhenwinkelmessung eines Turmes - in erster Linie Abstandsbestimmungen: „Wie weit bin ich vom Bildpunkt des Gestirns entfernt?“ Leider kann ich nicht mit dem Höhenwinkel, z. B. dem berichtigen Sextantwinkel und dem Peilwinkel zum Gestirn arbeiten, weil der Peilwinkel zum Gestirn, Azimut genannt, bei den riesigen Entfernungen zu ungenau wäre. Ich muss also zwei Objekte zu Standlinien verarbeiten, z. B. Sonne und Mond bei Halbmond als Kreuzpeilung oder zweimal die Sonne im Abstand mehrerer Stunden als Versiegelungspeilung. Ich kann auch zwei Fixsterne, zwei Planeten, einen Planeten und einen Fixstern, einen Stern und den Mond zu einer Kreuzpeilung heranziehen, aber **niemals einen Stern und die Sonne**. Das hat folgenden Grund.

Nachts sehe ich die Kimm nicht. Auch nicht in hellen Vollmondnächten. Sie wird immer nur vorgetäuscht. Sextanten mit künstlichem Horizont haben mal eine Zeitlang von sich reden gemacht, aber man hört nichts mehr davon. Fixsterne und Planeten kann ich nur in der Dämmerung messen, und da steht die Sonne schon tiefer als die auswertbaren  $15^\circ$  über der Kimm. Lediglich dann, wenn der Mond am Tageshimmel scheint, kann ich eine Kreuzpeilung mit Sonne und Mond auswerten. Die war vor der Erfindung des GPS die genaueste Ortsbestimmung - korrekte Vorgehensweise vorausgesetzt - die sich auf hoher See durchführen ließ.