

Beschickung

Inhalt

- Die Theorie
- Indexfehler
- Kimmtiefe
- Refraktionsfehler
- Parallaxefehler / Horizontalparallaxe
- Die Gesamtbeschickung
- Die Praxis
- Fixstern, Planet
- Sonne
- Mond
- Für Praktiker

Die Theorie

Der Sextant liefert einen Winkel zwischen der sichtbaren Kimm und dem Gestirn. Dieser Winkel soll im folgenden Sextantablesung SA genannt werden. Leider müssen wir an diesem Wert einige Korrekturen anbringen, um die wahre Höhe des Gestirns zu erhalten.

Indexfehler

Der erste Messfehler ist leicht einzusehen: Durch Dejustage, Verformung durch Wärme, etc. hat der Sextant einen Nullpunktsfehler, den sogenannten **Indexfehler Ib**, um den die Sextantablesung zum **Kimmaabstand KA**, also dem richtigen Winkel zwischen Kimm und Gestirn, verbessert wird. Der Indexfehler kann auch negative Werte annehmen, er sollte dem Betrage nach nicht mehr als 5' betragen. Er sollte vor jeder Messung kontrolliert werden.

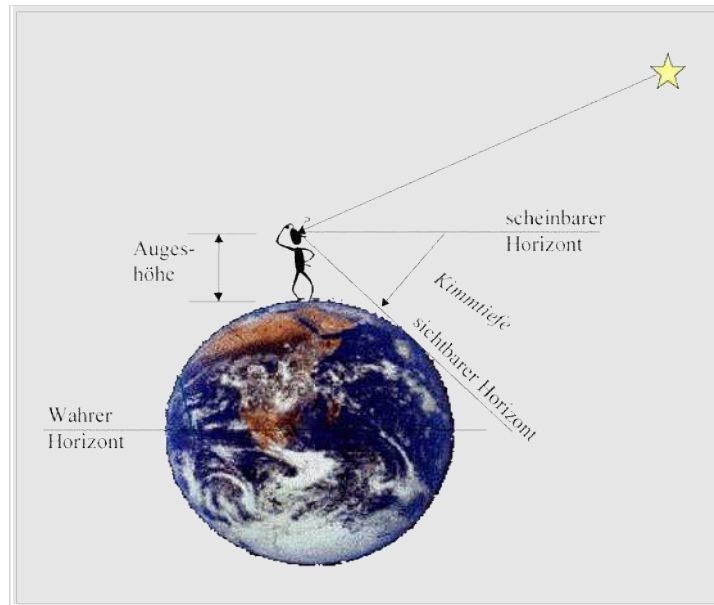
Rechenmuster:

| | | |
|-----------------|----|-----------|
| Sextantablesung | SA | 09° 46,6' |
| Indexfehler | Ib | - 1,2' |
| Kimmaabstand | KA | 09° 45,4' |

Kimmtiefe

Je höher wir uns über der Wasserlinie befinden, desto weiter können wir gucken.

Der sichtbare Horizont, die Kimm, wandert weiter von uns weg und der Winkel zwischen Gestirn und Kimm ist größer als der Winkel zum wahren Horizont.



Die Augenhöhe A_h bewirkt, dass wir Kimm und scheinbaren Horizont nicht gleichsetzen können. Der scheinbare Horizont verläuft auf der Höhe A_h senkrecht zum Lot zum Erdmittelpunkt, die Kimm ist um die **Kimmtiefe K_t** vergrößert.

Die **scheinbare Höhe h_s** ergibt sich zu **$h_s = K_A - K_t$** .

Die Kimmtiefe kann man in F.N.T Tafel 26 nachschlagen; näherungsweise lässt sie sich auch gut mit der Formel

$$K_t = 1.779' \times \sqrt{A_h / [m]}$$

bzw.

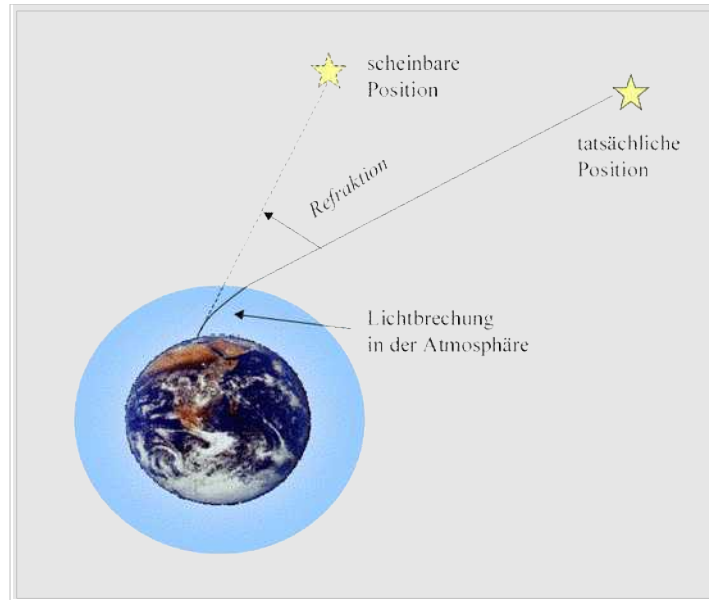
$$K_t = 0.02965^\circ \times \sqrt{A_h / [m]}$$

berechnen.

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Ah [m] | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 10,0 |
| Kt ['] | 1,3 | 1,8 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 3,1 | 3,6 | 4,0 | 5,6 |

Refraktionsfehler

Als nächster Fehler kommt der **Refraktionsfehler R** hinzu; die parallelen Strahlen eines Gestirns werden durch die Atmosphäre zur Erde hin gebrochen. Dem Beobachter scheinen die Gestirne in anderen scheinbaren Winkeln, als sie tatsächlich stehen:



Auch R lässt sich mit guter Näherung in einer Formel berechnen, die für Normaltemperatur, Normaldruck und einer Höhe $h_s > 3^\circ$ ihre Gültigkeit behält:

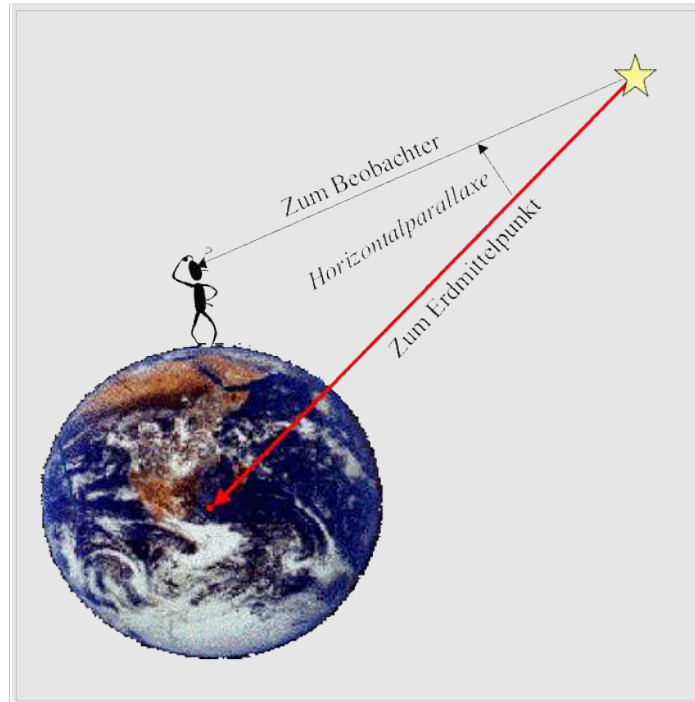
| | | | |
|------------|---|----------|---|
| R = | 0,955 ' - | = | 0,01592 ° |
| | tan (h_s + 2,5°/h_a) | | tan (h_s + 2,5°/h_s) |

Die Höhe über dem scheinbaren Horizont h' berechnet sich zu

| |
|-----------------------------------|
| $h' = h_s - R.$ |
|-----------------------------------|

Parallaxefehler / Horizontalparallaxe

Eine relativ kurze Distanz zwischen einem Gestirn und der Erde bewirkt **einen Parallaxefehler P**, der daraus resultiert, dass die auf der Erde ankommenden Strahlen nicht mehr als parallel angenommen werden können. Die Größe der Parallaxe ist abhängig von Entfernung des Gestirns zur Erde und der Höhe über dem scheinbaren Horizont h' .



Steht das Gestirn am Horizont, ist der Fehler am größten (Die Parallaxe wird hier **Horizontalparallaxe HP** genannt); steht es im Zenit, so ist der Fehler = 0. Insgesamt folgt der **Parallaxefehler P** näherungsweise der Gleichung

$$P = HP \times \cos(h')$$

Je weiter das Gestirn von der Erde entfernt ist, desto geringer wird der Fehler. Die Fixsterne haben aufgrund ihrer großen Entfernung ein HP von 0. Für die Sonne liegt HP zwischen 8" und 9", für den Mond zwischen 54' und 61'; die Planeten haben eine Parallaxe zwischen 0' und 0.5'. Die zutreffenden Werte können dem Nautischen Jahrbuch entnommen werden, sie sind unter den jeweiligen Spalten unter der Abkürzung HP zu finden. In der Praxis wird die Parallaxe nur für den Mond und allenfalls für die Venus und Mars berücksichtigt.

Sonne und Mond können nicht mehr als punktförmige Sterne angesehen werden. Dort müssen die Radien berücksichtigt werden. Eine Messung des jeweiligen Unterrandes zur Kimm scheint praktikabel. Den Radius der Sonne kann man über

$$r_{\text{Sonne}} = 16' + 0.3' \times \cos(d)$$

mit d = Anzahl der Tage im laufenden Jahr näherungsweise bestimmen. Der Radius des Mondes berechnet sich aus der Horizontalparallaxe HP zu

$$r_{\text{Mond}} = 0.272 \times HP$$

Je nach Messung des Unter- oder Oberrandes von Mond bzw. Sonne muss der Radius addiert bzw. subtrahiert werden.

Die Gesamtbeschickung

Die **Gesamtbeschickung Gb**, um die der Kimmabstand KA zur beobachteten Höhe h_b berichtigt werden muss, ist die Zusammenfassung der oben beschriebenen Fehler und berechnet sich zu

$$\mathbf{Gb = -Kt-R+P\pm r}$$

Insgesamt ergibt sich die wahre (beobachtete) Höhe zu

$$\mathbf{Hb = SA-Ib-Gb.}$$

In der Praxis wird die Gesamtbeschickung in einer Gesamtbeschickungstabelle zusammengefasst (F.N.T. Tafeln 20-23). Für Sonne und Planeten lässt sich die Beschickung in Minuten (') direkt abhängig von Augenhöhe und Kimmabstand ablesen.

Bei der Sonne muss die Zusatzbeschickung je nach Messung des Ober- oder Unterrandes mit einbezogen werden. Der cosinusförmige Verlauf des Sonnenradius findet Eingang in die Tabelle 'Zusatzbeschickung für den Kimmabstand des Sonnenunterrandes' unterhalb der Gesamtbeschickungstabelle. Kann der Sonnenunterrand aus irgendeinem Grund nicht gemessen werden (Wolken,...), ist die Zusatzbeschickungstabelle für den Sonnenoberrand zu wählen, deren Werte um den mittleren Sonnendurchmesser von 32' vergrößert ist.

Die Zusatzbeschickung für Planeten beschränkt sich auf Kompensation des Parallaxefehlers (oder auch Horizontalverschub).

Die gleichen Tabellen findet man auch in den rosa Seiten des Nautischen Jahrbuchs.

Etwas komplizierter wird es mit der Bestimmung der Gesamtbeschickung des Mondes über Tafeln (F.N.T. Tafeln 22,23 und Tafel im N.J.). Hier ist die Tabelle ganz anders aufgebaut:

Die Gesamtbeschickung ist in Abhängigkeit von Kimmabstand und Horizontalparallaxe (H-Verschub) zu bestimmen. Um den Umfang der Tafeln auf 2 Seiten zu beschränken, ist es notwendig, viele Werte durch Interpolieren zu bestimmen.

Zunächst ist die HP, die im N.J. an jedem Kalendertag für 4h, 12h und 20h angegeben ist, für die entsprechende Zeit zu bestimmen - es wird zwischen zwei Zeiten interpoliert. Als nächstes müssen vier Eckwerte aus der Tafel genommen werden. In F.N.T. wird der Gb-Wert zunächst noch mit der nebenstehenden Schalttafel für den Kimmabstand beschickt. Die vier Eckwerte ergeben sich aus den Kombinationen von jeweils kleinerem Kimmabstand mit kleinerem HP bis zu größerem Kimmabstand mit größerem HP. Am besten verdeutlicht man diese kompliziert scheinende Rechnung an einem Beispiel:

Am Mittwoch, dem 23. Feb 1983 wird der Mond um 18.03.10 UTC mit einem KA von 32°15' ermittelt.

Das N.J. liefert HP für UT1 4h : 59.9', UT1 12h : 60.1' und UT1 20h : 60.3'.

Für UTC 18.03.10 interpoliert man zwischen 12h und 20h:

$$\text{HP}=60.1' + (60.3'-60.1')/(20-12) * (18-12) = 60.25 \div 60.3'$$

Mit HP=60.3' und KA=32°15' ergeben sich folgende Eckwerte:

1. Ermittlung mit N.J.:

| | |
|--------|--------|
| HP = | HP = |
| 60,0 ' | 60,5 ' |

| | | |
|--------------|--------|-------|
| KA = 32 ° | 60,2 ' | 60,7' |
| KA = 33 ° | 59,7' | 60,2' |

es wird interpoliert:

Gb für HP=60.3' und KA=32°: 60.5'

Gb für HP=60.3' und KA=33°: 60.0'

nun muss noch für KA=32°15' = 32.25° zwischen diesen beiden Werten interpoliert werden:

Gb für HP=60.3' und KA=32.25° : 60.4'

2. Ermittlung mit Fulst Nautischen Tafeln:

Tafelwerte für KA=32° und HP=60'. Diesen Wert jeweils mit den passenden Schaltteilen beschicken und gegebenenfalls interpolieren.

Wird anstatt des Mondunterrandes der Oberrand berechnet, ist bei der Berechnung mit dem N.J. die Gesamtbeschickung Zusatzbeschickung zur Gesamtbeschickung addiert.

Die Praxis

In der Praxis müssen wir uns nicht mit der Kenntnis all dieser Details herumschlagen - wir fassen die einzelnen Fehler aus Refraktion, Augenhöhe, Horizontalparallaxe und ggf. Gestirndurchmesser (bei Sonne und Mond) zusammen und sehen den entsprechenden Wert der Beschickung in einer Tafel nach.

Fixstern, Planet

Fixsterne und Planeten beobachten wir als punktförmige Gestirne, deren Durchmesser wir vernachlässigen können. Die Bestimmung der Gesamtbeschickung ist hier besonders einfach; sie hängt nur von Augenhöhe des Beobachters und der beobachteten Höhe ab. Das nautische Jahrbuch beinhaltet eine Tabelle, aus der wir unter Berücksichtigung dieser Werte sofort die Gesamtbeschickung ablesen können. Für erdnahe Planeten muss gegebenenfalls noch eine Zusatzbeschickung auf Grund der Horizontalparallaxe angebracht werden. Der Kimmabstand wird um diesen Wert korrigiert, und man erhält die wahre Höhe.

Sonne

Zur Bestimmung der Höhenbeschickung der Sonne müssen wir neben Augenhöhe und beobachteter Höhe auch noch den Sonnenradius sowie die Jahreszeit berücksichtigen. Für eine Sonnenmessung liegt entweder die Messung des Sonnenunterrandes oder des Sonnenoberrandes zugrunde. Die Tabelle geht von der Messung des Sonnenunterrandes aus - hier kann entsprechend der Messung Fixstern/Planet die Gesamtbeschickung aus Augenhöhe und beobachteter Höhe abgelesen werden. Die Zusatzbeschickung berücksichtigt den jahreszeitlich veränderlichen Sonnenradius sowie eine Messung des Sonnenoberrandes; es stehen zwei Tabellen zur Verfügung (Unterrand und Oberrand). Die Beschickung der Sonne erhält man aus Addition von Gesamtbeschickung und Zusatzbeschickung.

Mond

Bei der Messung des Mondes ist die Horizontalparallaxe wegen der geringen Entfernung nicht zu vernachlässigen. Sie wird dem nautischen Jahrbuch entnommen und dient zusammen mit der beobachteten Höhe als Einstieg in die Gesamtbeschiebungstabelle. Achtung - hier muss viel interpoliert werden. Die Augenhöhe wird über die Zusatzbeschiebung berücksichtigt.

Für Praktiker

Bedenkt man, dass die Meßungenauigkeit bei ca. 1' liegt, vernachlässigen wir die Nachkommastellen und reduzieren die Tabelle für Sonne und Fixsterne auf wenige Spalten und Zeilen:

| | Sonnen-Unterrand | Sonnen-Oberrand | Fixstern |
|--------|------------------|-----------------|----------|
| Ab 20° | + 11 ′ | - 21 ′ | - 5 ′ |
| ab 25° | + 12 ′ | - 20 ′ | - 4 ′ |
| ab 45° | + 13 ′ | - 19 ′ | - 3 ′ |

