

Der künstliche Horizont

Bücher sind ja eigentlich nie fertig. Aber irgendwann muß man sich als Autor entschließen, den Sack zuzubinden – auch wenn manches noch gut hineinginge. Und kaum war das Buch [1] in seiner 1. Auflage „fertig“, kam von BERNHARD GIERDS, dem neugewählten Vorsitzenden des KYCD, der erste Ergänzungsvorschlag: Etwas über den künstlichen Horizont. Insbesondere für diejenigen, die zum Ausprobieren ihres Sextanten nicht mal eben an den Strand fahren oder an Bord gehen können. Ab der 2. Auflage ist dieser Beitrag als **Anhang E** in [1] enthalten.

Geometrische Grundlagen

Der Begriff „künstlicher Horizont“ ist eigentlich etwas irreführend. Denn die technischen Apparaturen, die mit dieser Bezeichnung belegt sind, simulieren nicht den Horizont als solchen. Wie sollte das auch funktionieren? Vielmehr geht es darum, die Höhe eines Gestirnes über dem *wahren Horizont* zu beobachten, ohne dafür die Kimm, also den Meereshorizont, zu benötigen. Als Ersatz dient eine am Ort der Höhenmessung horizontierte Spiegelfläche, die damit sowohl zum wahren als auch scheinbaren Horizont parallel ist.

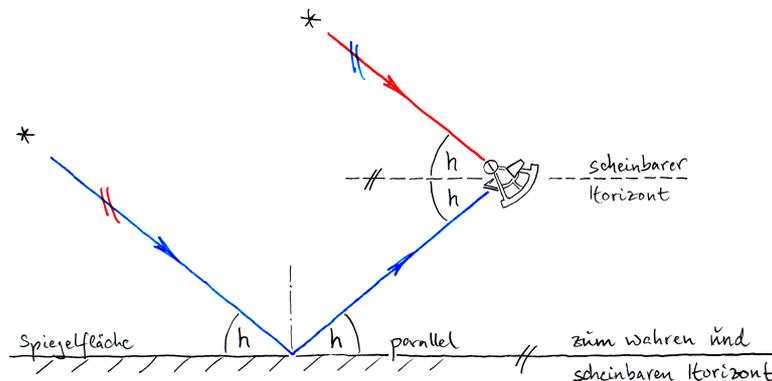


Abb. 1 Strahlengang an horizontierter Spiegelfläche

Wie man der vorstehenden Abbildung unschwer entnimmt, wird der zu beobachtende Höhenwinkel h doppelt gemessen. Denn der Sextant ist mit seinem unteren Strahlengang auch nicht – wie bei „normalen“ Höhenmessungen – horizontal ausgerichtet, sondern nach unten auf das gespiegelte Bild des Gestirns. Aufgrund des Meßbereiches eines Sextanten können demnach nur Höhen bis etwa 60° beobachtet werden. Bei Höhenmessungen an Sonne und Mond in unseren Breiten ist das für gewöhnlich ausreichend.

Bei **Planeten** und **Fixsternen** erfolgt die Messung so, wie in Abbildung 1 dargestellt. Das Gestirn, das in der Optik des Sextanten dann nur einen Lichtpunkt bzw. eine kleine Scheibe ausmacht, wird mit sich selbst zur Deckung gebracht. Vorteilhaft gegenüber „normalen“ Höhenmessungen ist, daß man hier nicht auf die Dämmerung angewiesen ist, da die Kimm ja keine Rolle spielt. Die Beobachtungen können die ganze Nacht über durchgeführt werden. Allerdings gibt es zumindest bei Fixsternen und den kleineren Planeten ein zusätzliches Problem: Die ohnehin schon nicht ganz einfache Identifizierung des Gestirnes am Himmel muß hier doppelt bewältigt werden.

Es kann nämlich leicht passieren, daß im oberen und unteren Strahlengang verschiedene Sterne erscheinen. Man erhält dann aber ein derart falsches Ergebnis, daß der Irrtum sofort auffällt. Außerdem gilt der Einsatz eines künstlichen Horizontes ja stets nur Übungszwecken. Im Gegensatz zur Navigation an Bord sind die Folgen also recht harmlos.

Da in der navigatorischen Praxis die meisten Standlinien mit der **Sonne** produziert werden, mitunter aber sich über Tage auch der **Mond** anbietet, ist es weitaus interessanter, ebendiese mit dem künstlichen Horizont zu „erproben“. Im Gegensatz zu den oben erwähnten Planeten und Fixsternen handelt es sich hier um Objekte, deren Ausdehnung bei etwa einem halben Grad liegt. Man könnte natürlich versucht sein, auch Sonne oder Mond mit sich selbst zur Deckung zu bringen. Optisch ist das aber sehr schwer auszumachen, und erst recht, wenn die Spiegelstellung am Sextanten nicht 100%ig stimmt. Dann hat man einen geringen Seitenversatz¹, der dafür sorgt, daß es bei keiner Alhidadenstellung zur Deckungsgleichheit kommt.

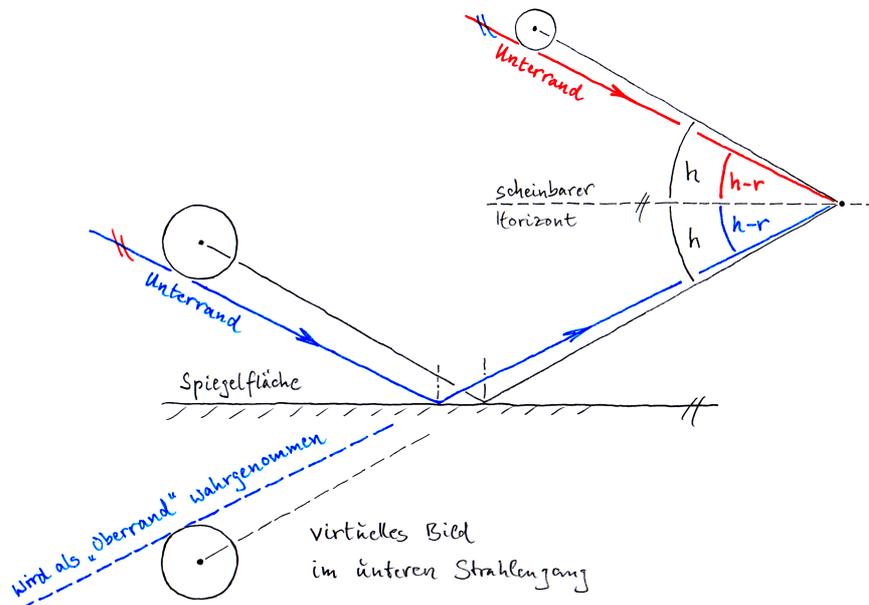


Abb. 2 Unterrand-Höhe ($h - r$) an Sonne oder Mond

¹ vgl. [1], S. 47, Abbildung 3.5b

Es ist vielmehr sinnvoll, den Unterrand von Sonne oder Mond aus dem oberen Strahlengang mit dem gespiegelten „Oberrand“ in Berührung zu bringen, so wie es normalerweise mit der Kimm geschieht. Sonne oder Mond „küssen“ sich hier gewissermaßen selber. Der „Oberrand“ ist aber in Wirklichkeit der Unterrand. Er erscheint nur im virtuellen Bild „oben“, wie man sich anhand von Abbildung 2 leicht klarmacht.

Eines gibt es aber noch zu beachten: Nämlich, daß man die „beiden“ Sonnen (oder Monde) nicht miteinander verwechselt. Denn dann hat man Oberrand gegen Oberrand gemessen, was im Prinzip zwar auch funktioniert, in der Auswertung aber etwas umständlicher ist. Wie stellt man nun sicher, daß Unterrand gegen Unterrand gemessen wird? Dazu braucht man nur jene Pendelbewegung mit dem Sextanten auszuführen, wie sie bei Höhenmessungen über der Kimm zu erfolgen hat. Man sieht dann, wie das obere Objekt pendelt, während das untere liegen bleibt. Eine weitere Möglichkeit, sich zu überzeugen, was was ist, besteht – vorzugsweise bei der Sonne – in der Variation der Schattengläser.

Beschickung zur beobachteten Höhe h_b

Wie sich aus Abbildung 2 unmittelbar ergibt, wird mit dem Sextanten der Winkel $2(h - r)$ gemessen. Dabei ist $(h - r)$ die auf den scheinbaren Horizont bezogene, ansonsten aber unkorrigierte Höhe des Sonnen- bzw. Mondunterrandes. Es handelt sich demnach um die **scheinbare Höhe** h_s einer Unterrand-Beobachtung.² Nach Anbringen der Indexbeschickung an die Sextantablesung erhält man diese durch Halbierung entsprechend

$$h_s = \frac{1}{2} (\text{Sextantablesung} + \text{lb}) , \quad (1)$$

wobei es wichtig ist, erst die Indexbeschickung anzubringen und dann zu halbieren – nicht umgekehrt! Die weitere Vorgehensweise beinhaltet, was bei „normalen“ Höhenbeobachtungen auch erforderlich ist: Das Anbringen von Refraktion R , Parallaxe P und Gestirnsradius r . Um nun die **beobachtete Höhe** h_b zu erhalten, bieten sich zwei Wege an: Man kann einerseits die genannten Korrekturen einzeln an die scheinbare Höhe anbringen, d. h.

$$\begin{aligned} h_b &= \text{KA} + \Sigma && (3.10)^{[1]} \\ &= \underbrace{\text{KA} - k - R + P + r}_{h_s} && \text{für Unterrand, mit (3.9)}^{[1]} \\ &= h_s - R + P + r . && \text{mit (3.5)}^{[1]} \end{aligned}$$

Mit (1) erhält man die Beschickungsformel für Unterrand-Beobachtung zu

$$\boxed{h_b = \frac{1}{2} (\text{Sextantablesung} + \text{lb}) - R + P + r} . \quad (2)$$

Andererseits lassen sich zur Umrechnung von *scheinbarer* in *beobachtete Höhe* die **Gesamtbeschickungstafeln** aus dem Nautischen Jahrbuch [NJ] für Sonnen- und

² vgl. [1], Abschnitt 3.2.3

Mondunterrand bzw. Fixstern/Planet nutzen. In diese muß man jedoch mit dem *Kimmtiefe* eingehen (und nicht mit der scheinbaren Höhe). Hier hilft aber ein simpler Trick weiter. Da die Kimmtiefe für $Ah = 0$ verschwindet, gilt generell

$$h_s(Ah = 0) \equiv KA .$$

Man entnimmt den Tafeln also kurzerhand die Gesamtbeschiekung für $Ah = 0$ und bringt diese zusammen mit der Zusatzbeschiekung an denjenigen Wert an, welcher mit (1) errechnet wurde. Zusammenfassend läßt sich für die **Unterrand-Beobachtung** somit die alternative Formel

$$h_b = \frac{1}{2} (\text{Sextantablesung} + lb) + Gb|_{Ah=0} + Zb . \quad (3)$$

notieren, welche in der Praxis gegenüber (2) allgemein bevorzugt werden dürfte.

Manch einer wird sich schon mal gefragt haben, was denn in der Gesamtbeschiekungstafeln des Nautischen Jahrbuches eine Spalte für $Ah = 0$ zu suchen hat. Schließlich ist eine Höhenmessung auf See bei (real) verschwindender Augeshöhe technisch völliger Blödsinn. Die Frage ist nun wohl beantwortet.

Alternativ können auch die Tafeln 20 bzw. 22 aus dem FULST [2] angewendet werden. Im ROSE [3] sind dies die Tafeln 13 bzw. 15. Beim Nautical Almanac [NA] verzichtet man einfach auf den separat einzurechnenden Dip (= Kimmtiefe) und geht gleich mit $h_s = \text{App. Alt. für „Lower Limb“ in Table A2}$. Die Zusatzbeschiekung ist hier durch die Unterscheidung der Jahreszeit gemäß OCT.–MAR. bzw. APR.–SEPT. pauschal abgegolten.

Im NORIE [4] gibt es die Tafeln „Sun’s Total Correction (Lower Limb)“ (S. 417-420) und „Moon’s Total Correction (Lower Limb)“ (S. 429-440). Beide besitzen keinen Eingang für verschwindende Ht. of Eye (= Ah). Bei der Sonne nimmt man ersatzweise die Werte der Spalte für 2.0 m (7 ft) und zählt 2.5' hinzu. Die so erhaltenen Werte sind zwar um etwa 0,2' kleiner als im Nautischen Jahrbuch. Der Unterschied wird aber durch die nachfolgende „Additional Monthly Correction“ wieder ausgeglichen. Diese ist nämlich um die besagten 0,2' größer als die deutsche Zb! Bei der Mondtafel hingegen verzichtet man auf die Korrektur bzgl. der Augeshöhe, da sich die vertafelten Werte auf verschwindende Augeshöhe beziehen.

Inbesondere beim Mond kann es passieren, daß man den Unterrand (mondphasenbedingt) nicht sieht, und man auf die **Oberrand-Beobachtung** ausweichen muß. Die Pendelbewegung des Sextanten zeigt sich dann beim „unteren“ Mond. Dann muß entsprechend

$$h_b = \frac{1}{2} (\text{Sextantablesung} + lb) + Gb|_{Ah=0} + Zb - 2r_\zeta \quad (3a)$$

das Ergebnis nach (3) zusätzlich um den Mond Durchmesser $2r_\zeta$ vermindert werden, welcher der oben genannten Tafel des Nautischen Jahrbuches für gegebene Horizontalparallaxe direkt entnommen werden kann.

Technische Realisierung

Es liegt eigentlich auf der Hand, wie man eine exakt horizontierte Spiegelfläche auf genial einfache Weise realisiert: mit einer ruhenden Flüssigkeitsoberfläche, die sich ja schwerkraftsbedingt von selbst horizontiert. Die ersten Versuche des Autors in dieser Hinsicht fanden auf einer gut windgeschützten Terasse an einem schwachwindigen Tag mit einer

ögefüllten Schüssel statt. Um so größer war das Erstaunen, daß ein klares Spiegelbild der Sonne trotz dieser scheinbar guten Bedingungen nicht zu erzielen war.

Die einfachste Möglichkeit, einen künstlichen Horizont herzustellen, besteht bekanntlich in einer Schale mit einer spiegelglatten Flüssigkeitsoberfläche. Als niedrigviskose Flüssigkeiten kommen Wasser oder Speiseöl in Betracht. Diese haben den Vorteil, sich augenblicklich zu horizontieren und keine Blasen zu werfen. Dem steht aber der Nachteil gegenüber, daß bereits der geringste Lufthauch zu einer Wellenformation führt, welche die Spiegelung eines Gestirns sofort zunichte macht. Man sieht nur noch „wild tanzende“, verzerrte Reflektionen des anvisierten Himmelskörpers.

Dem läßt sich nur dadurch abhelfen, daß man um die Flüssigkeitsoberfläche herum einen geeigneten Windschutz baut. Eine derartiger **Flüssigkeitshorizont** läßt sich fertig kaufen als „Artificial Horizon“ von der Fa. DAVIS (product # 144), welche bekanntlich auch Kunststoff-Sextanten anbietet. In Deutschland wird dieses Produkt für 32 ... 35 € vertrieben, z. B. von busse-yachtshop.de oder yachtshop24.com.



Das Gerät besteht aus einer Kunststoffwanne mit der Grundfläche 152×102 mm, 30 mm hoch, in die die Flüssigkeit eingefüllt wird (max. 350 ml). Auf den langen Seiten der Wanne werden zwei „Giebelteile“ aufgesteckt, die das Auflegen zweier Glasplatten („Dachflächen“) ermöglichen. Dadurch ist die Flüssigkeit vollkommen windgeschützt. Die Glasplatten sind augenscheinlich aus gewöhnlichem Fensterglas, was die Frage nach hinreichender Planparallelität stellt.

Nach einer Reihe von Höhenmessungen durch den Autor an genau bekanntem Ort betrug die Abweichung der beobachteten Höhe von der rechnerischen in sieben Fällen bis zu 0,4', in weiteren sechs Fällen bis zu 0,9'. Das Gestirn war in allen Fällen die Sonne; es kamen Sextanten von CASSENS & PLATH sowie FREIBERGER PRÄZISIONSMECHANIK zum Einsatz. Die Planparallelität der mitgelieferten Glasplatten scheint demnach unkritisch zu sein. Die im Lieferumfang enthaltenen farbig-transparenten Kunststoffplatten wurden keinem Test unterzogen, da diese für gewöhnlich nicht benötigt werden.

Was die Frage nach der zu verwendenden Flüssigkeit anbetrifft, so ist in der (englischen) Bedienungsanleitung von DAVIS von Wasser oder einer höherviskosen Flüssigkeit die Rede. Den Versuch mit Wasser gibt man allerdings schnell wieder auf, da die Glasplatten auch bei kühlen Temperaturen umgehend beschlagen sind. Bleibt also nur der Einsatz von einer höherviskosen Flüssigkeit, die außerdem möglichst geringen Dampfdruck besitzt. Das läuft in der Praxis auf Öl hinaus. Aus Gründen der „Unfallgefahr“ im häuslichen Ambiente sind hier vor allem Speiseöle zu empfehlen, die man im Zweifelsfall mit vertretbarem Reinigungsaufwand wieder entfernen kann. Man hüte sich insbesondere davor, das Gerät durch Anfassen an den „Giebelteilen“ zu transportieren, denn diese sind ja bloß aufsteckt! Die Konstruktion „zerlegt“ garantiert im ungünstigsten Augenblick. Ferner ist bei stärkerem Wind darauf zu achten, daß das Gerät auf steifem Untergrund ruht ohne zu kippen. Sonst nutzt der ganze Windschutz nichts, wenn die Wellen gleichsam auf aeroelastische Weise erzeugt werden.

Es ist in der Vergangenheit immer wieder mit zähen Flüssigkeiten experimentiert worden. Der Autor hat Versuche mit Zuckerrübensirup („Grafschafter Goldsaft“) unternommen, welcher in seinem Originalbehältnis eine perfekte Spiegelfläche aufweist. Problematisch ist hier das Umfüllen in flache Gefäße. Es kommt dabei leicht zum Einschluß von Luftblasen, die – hier wirkt die hohe Viskosität ungünstig – „ewig“ brauchen, bis sie an der Oberfläche sind. Und auch dort zerplatzen sie dann nicht so einfach. Man tut sich also schwer, die perfekte Oberfläche aus dem Originalbehälter zu reproduzieren. Weiterhin muß man einen solchen Horizont lange vor der ersten Messung in Stellung bringen, da das Horizontieren aufgrund der hohen Viskosität auch eine Weile braucht.

Wer mit seinem Sextanten nicht nur einige Trockenübungen – gewissermaßen als Vorbereitung zum Bordbetrieb – durchführen möchte, sondern seine Meßtechnik perfektionieren oder aber die verschiedensten Sextanten einer Sammlung untersuchen möchte, der wird das Geplumper mit dem Öl irgendwann leid. Und dann bleibt nur der **Libellen-Horizont**, bei dem die Spiegelfläche aus Glas ist, und die Horizontierung mit zwei orthogonal ausgerichteten, sehr empfindlichen Libellen³ vorgenommen wird.

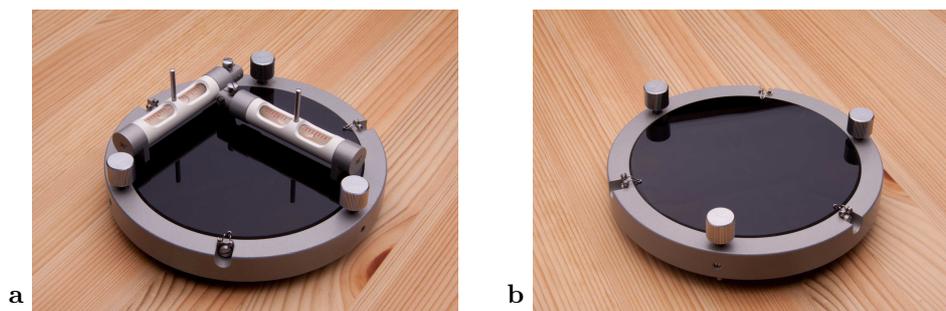


Abb. 3 Libellenhorizont von FREIBERGER PRÄZISIONSMECHANIK (\varnothing 125 mm)

- a) Mit aufgelegten Libellen erfolgt die Horizontierung.
- b) Zur Höhenmessung werden die Libellen wieder entfernt.

Dazu richtet man eine Libelle an der Verbindungsgeraden zweier Stellschrauben aus und dreht solange an ebendiesen, bis die Libelle eingespielt ist. Anschließend wird die zweite Libelle zur ersten orthogonal (= **rechtwinklig**) orientiert, so daß deren Horizontierung nun nur noch mit der dritten Stellschraube erfolgt. Aufgrund der Orthogonal-Anordnung darf dabei die erste Libelle nicht auswandern.

Eigentlich würde hier auch eine Libelle ausreichen. Man müßte diese nur nacheinander in die beschriebenen Positionen bringen. Mit zwei Libellen geht es aber schneller und bequemer. Weiterhin erfährt man bei eingehender Betrachtung der Libellen, daß diese je eine Justierschraube besitzen. Eine Libelle kann demnach auch dejustiert sein. Wie überzeugt man sich davon, daß dies nicht der Fall ist? Ganz einfach dadurch, daß man die Libelle auf ihrer Unterlage um 180° wendet. Ist die Libelle auch in dieser Lage eingespielt, stimmt die Justierung.

³ Es geht auch mit nur einer Libelle, siehe unten auf dieser Seite sowie Abbildung 4a.

Aber auch mit einer dejustierten Libelle läßt sich eine Horizontierung durchführen. Dazu spielt man zunächst die Libelle ein wie sonst auch. Anschließend wird dieselbe um 180° gewendet. Wegen der Dejustierung wandert sie jetzt aus. Mit den Horizontier-Stellschrauben sorgt man nun dafür, daß die Blase den halben Weg „zurückgeht“. Diese Stellung der Blase relativ zum Libellenkörper merkt man sich und wendet die Libelle erneut um 180°. Hat die Horizontierung Erfolg gehabt, so zeigt die Libelle die gleiche Blasenposition, nur daß die Blase für den ortsfesten Betrachter jetzt auf der anderen Seite der Mittellage erscheint. Bei Bedarf diese Vorgehensweise wiederholen, bis die Horizontierung stimmt. Danach kann man die horizontierte Strecke zur Justierung der Libelle nutzen.

Der Libellen-Horizont von FREIBERGER PRÄZISIONSMECHANIK⁴ (samt praktischer Holzbox) ist eine feine Sache! Lediglich der Preis von 520 € + MwSt ist für den privaten Anwender und Freizeitnautiker etwas „heftig“, zumal es sich um ein Zubehör handelt. Andere Hersteller sind dem Autor nicht bekannt. Bei dem in früheren Zeiten von der Hamburger Firma PILLEKAMP angebotenen Produkt handelt es sich ebenfalls um den Hersteller FREIBERGER PRÄZISIONSMECHANIK – das war seinerzeit ein Import aus der DDR.

Wer dennoch nicht von einem komfortablen Horizont lassen möchte, dem bleibt nur die **Eigenanfertigung**. Das ist einfacher, als man auf den ersten Blick denken mag. Ein quadratisches Stück Sperrholz wird mit Rampa-Muttern (M4 oder M5) in 120°-Anordnung versehen, wovon nur zwei mit Stellschrauben versehen werden. Die dritte Schraube kann fest sein. Auf der Sperrholzplatte wird dann (wiederum in 120°-Anordnung) eine runder Spiegel aus handelsüblichem Spiegelglas befestigt, wie aus den folgenden beiden Abbildungen ersichtlich:

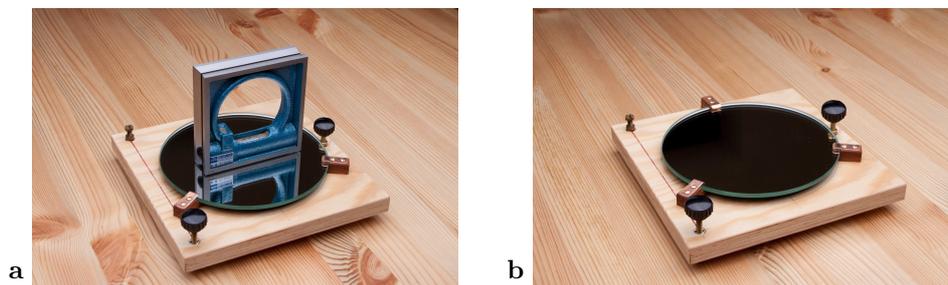


Abb. 4 Libellenhorizont aus eigener Fertigung (Ø 160 mm)

- a) Die Horizontierung erfolgt mithilfe einer Präzisionswasserwaage.
- b) Zur Höhenmessung wird die Wasserwaage entfernt.

Besser wäre hier wohl geschliffenes Spiegelglas mit exakter Planparallelität, doch das dürfte den finanziell vertretbaren Aufwand sprengen. Nach Erfahrung des Autors bekommt man auch mit handelsüblichem Spiegelglas passable Ergebnisse. Es empfiehlt sich aber, beim Glaser ein Stück Spiegelglas auszusuchen, das nach Möglichkeit keine fertigungsbedingten „Wellen“ besitzt. Dazu legt man das zu testende Spiegelglas auf einen Tisch o. ä. und blickt aus einigen Metern Entfernung in spitzem Winkel auf das Glas. Dann bewegt man den Kopf langsam mit gleichförmiger Geschwindigkeit hin und her. Dabei darf das gespiegelte Bild von gegenüber nicht „zappeln“.

⁴ siehe auch www.fpm.de/index.php?c=1&s=khorizont

Zur Horizontierung benötigt man eine **Präzisionswasserwaage**, wie die in den Abbildungen 4a und 5 gezeigte Rahmenwasserwaage. Diese hat eine Empfindlichkeit von 0,1 mm/1 m pro Teilstrich. Man überzeugt sich entsprechend

$$\arctan\left[\frac{0,1\text{ mm}}{1000\text{ mm}}\right] = \arctan\left[10^{-4}\right] = 0,00573^\circ \approx 0,35' = 21''$$

leicht davon, daß das ein vernünftiges Maß ist. Zum Vergleich: die Libellen von FREIBERGER PRÄZISIONSMECHANIK haben 30'' pro Teilstrich. Wesentlich schlechter sollte die Empfindlichkeit nicht sein (max. 0,3 mm/1 m). Man tut sich aber auch mit entschieden höherer Empfindlichkeit keinen Gefallen, da sich die Libelle dann nur noch schwer eingespielen läßt. Sicher ist aber:

Baumarktqualitäten sind in keinem Fall geeignet!

Woher bekommt man eine geeignete Präzisionswasserwaage? Wer Zugang zum Werkzeugbestand einer Maschinenfabrik hat, kann sich so etwas ausleihen. Ansonsten bewegen sich die Neupreise in der Größenordnung von 200...400 € für eine Rahmenwasserwaage, was hier indiskutabel ist. Etwas günstiger sind meist sog. Wellenwasserwaagen (zum Ausrichten von Maschinenwellen). Darüberhinaus kann man im Internet nach Gebrauchte-Exemplaren Ausschau halten – nicht zuletzt bei Ebay. Es gibt gelegentlich Angebote von weniger als 100 €.

Die Verfügbarkeit einer hinreichend genauen Wasserwaage dürfte die entscheidende Voraussetzung für den selbstgefertigten Libellenhorizont sein.



Abb. 5 Rahmenwasserwaage von STIEFELMAYER

Praktische Erfahrungen

Die vorgestellten drei Ausführungen des künstlichen Horizontes gestatten die problemlose Höhenmessung von Sonne und Mond sowie den lichtstarken Planeten. Bei Fixsternen jedoch sind die Lichtverluste aufgrund der Windschutzfenster (DAVIS) bzw. der Reflektionseigenschaften des Schwarzglases (FREIBERGER) so erheblich, daß eine Messung nach Erfahrung des Autors im allgemeinen nicht möglich ist. Anders dagegen die Eigenanfertigung. Hier sorgt die Verspiegelung für recht gute Sichtbarkeit der helleren Fixsterne, die schwächeren lassen sich aber zumeist auch noch beobachten. Allerdings sorgt das gewöhnliche Spiegelglas gelegentlich dafür, daß es zu leichten Verzerrungen der ansonsten punktförmigen Lichtquellen kommt. Die Abbildungsqualität des Freiburger Horizontes wird damit erwartungsgemäß nicht erreicht.

Was die Genauigkeit betrifft, so war hinsichtlich der DAVIS-Ausführung bereits auf Seite 5 die Rede davon. Bei Messungen durch den Autor betrug die Abweichung in sieben Fällen bis zu 0,4', in weiteren sechs bis zu 0,9'. Beim Libellenhorizont von FREIBERGER PRÄZISIONSMECHANIK traten bislang keine Abweichungen auf, die 0,5' überschritten hätten. Insbesondere Jupiter und Venus wurden im Januar 2012 nahezu gleichzeitig mit 0,0' und 0,1' Abweichung beobachtet. Genauer kann Astronomische Navigation nicht sein! Beim Eigenbau liegen bislang nur wenige Höhenbeobachtungen vor. Die Abweichungen betragen bis zu 1,0'. Damit läßt sich über Eigenanfertigungen im allgemeinen noch nicht viel sagen. Die Genauigkeit dürfte aber aufgrund der schlechteren Eigenschaften gewöhnlichen Spiegelglases deutlich unter einer professionellen Ausführung liegen.

Die Erfahrungen decken sich mit dem, was seit langem bekannt ist, nämlich daß Höhenbeobachtungen mit künstlichem Horizont in aller Regel genauer sind als solche mit „echtem“ Horizont auf See. Dafür sorgen drei Effekte:

- Der künstliche Horizont läßt sich ja nur an Land verwenden. Und mit festem Boden unter den Füßen gelingen Sextantmessungen immer noch am besten. Dieser Effekt ist vor allem bei Anfängern stark ausgeprägt.
- Die Lichtbrechung im unteren Strahlengang, welche im Normalfall durch die *mittlere Kimmtiefe* berücksichtigt wird und zu nicht unerheblichen Fehlern bei starken Temperaturunterschieden zwischen Luft und Wasser führt,⁵ spielt hier natürlich keine Rolle! Es gibt weder Kimm noch Kimmtiefe.
- Da die Höhe doppelt gemessen wird, halbiert sich letztlich der Instrumentenfehler, wozu u. a. auch eine fehlerhafte Indexbeschickung gehört.

Schlußbemerkung

Der Begriff „künstlicher Horizont“ wird im allgemeinen für die hier vorgestellten Apparate mit horizontalen Spiegelflächen verwendet. Darüberhinaus gibt es

⁵ Vgl. hierzu [1], S. 50 sowie [3], Tafel 20b.

aber noch ein Sextant-Zubehör, das aus einem gewöhnlichen Sextanten einen sog. Libellen-Sextant (*bubble sextant*) macht. Die Fa. CASSENS & PLATH bietet dieses Zubehör unter der Bezeichnung „Künstlicher Navigationshorizont“ an (Nr. 47100). Ein damit ausgestatteter Sextant braucht dann ebenfalls keinen sichtbaren Horizont. Wesentlicher Unterschied ist aber, daß im Gegensatz zu den hier behandelten „Horizonten“ der Einsatz auf einem Schiff möglich ist. Die Praxistauglichkeit dieses Zubehörs speziell auf Segelyachten, die ja dem Seegang in besonderer Weise ausgesetzt sind, ist allerdings umstritten.

Bildnachweis

S. 5 (im Text): www.busse-yachtshop.de

Abb. 3, 4, 5: Foto LEE ROE, Schmedshagen/Vorpommern

Dieser Artikel ist eine Ergänzung zu [1]. Damit gilt der dort formulierte Haftungsausschluß auch hier:

Haftungsausschluß

Die Autorin hat alle Sorgfalt walten lassen, um vollständige und akkurate Informationen in diesem Buch zu publizieren. Die Autorin und auch der Kreuzer Yacht Club Deutschland e.V. (KYCD) als Herausgeber übernehmen weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für die Nutzung dieser Informationen, für deren Wirtschaftlichkeit oder fehlerfreie Funktion für bestimmten Zweck. Ferner kann weder die Autorin noch der KYCD für Schäden, die auf einer Fehlfunktion von Programmen oder ähnlichem zurückzuführen sind, haftbar gemacht werden. Auch nicht für die Verletzung von Patent- und anderen Rechten Dritter, die daraus resultieren. Autorin und KYCD übernehmen keine Gewähr dafür, daß die beschriebenen Verfahren, Programme usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Abhandlung berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Literaturverzeichnis

- [1] MESTEMACHER, FRANKA-MARIA: *Astronomische Navigation*. Herausgegeben vom Kreuzer Yacht Club Deutschland e.V. (KYCD). 3. Auflage. Kruse, Stralsund 2018

Tafelwerke

- [2] LÜTJEN; STEIN; ZWIEBLER: *Fulst Nautische Tafeln*. Arthur Geist Verlag, Bremen 1981
- [3] ROSE, GERHARD: *Nautische Tafeln*. Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1968 (in der DDR erschienen, entspricht weitgehend [2])
- [4] BLANCE, GEORGE: *Norie's Nautical Tables*. Imray, Laurie, Norie & Wilson, St. Ives (Cambridgeshire, UK) 2007

Periodika

- [NJ] *Nautisches Jahrbuch 20xx*. Ephemeriden und Tafeln. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg 20xx
- [NA] *Nautical Almanac 20xx*. UK Hydrographic Office, Taunton (Somerset, UK) 20xx