

Unterrichtsprojekte Natur und Technik

Landeshauptstadt

Hannover

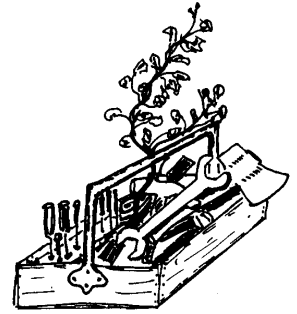


Schulbiologie-
zentrum
Hannover

Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover

Telefon: 0511-168-47665/7
Fax: 0511-168-47352
E-mail: 40.50@hannover-stadt.de

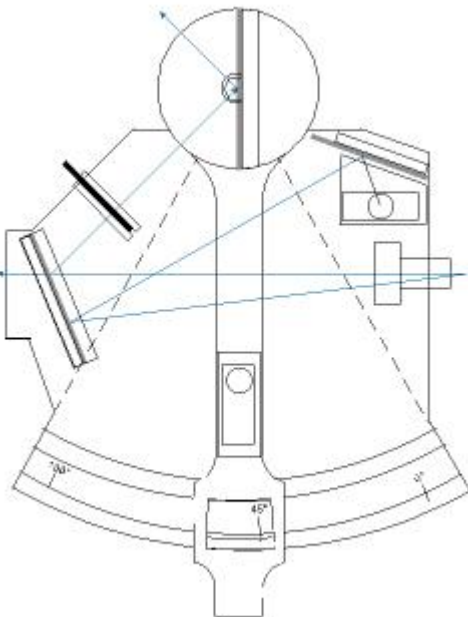
Internet:
www.schulbiologiezentrum-hannover.de



19.52

Für fachübergreifenden Unterricht,
Arbeitsgemeinschaften, Projektwochen
und Schullandheimfahrten:

Selbstbau eines Spiegelsextanten zur Einmessung von Geländepunkten, Höhenmessung und Navigation



Der Sextant ist neben dem Kompass das wohl bekannteste nautische Instrument. Sein erstes Aufkommen im Jahre 1731 wird dem Engländer John Hadley zugeschrieben. Unabhängig davon soll auch der Amerikaner Thomas Godfrey einen funktionierenden Spiegelsextanten erfunden haben. Der Sextant löste Vorgänger wie den Jakobstab und den Quadranten ab und war über zweieinhalb Jahrhunderte das präziseste Instrument zur Standortbestimmung zur See und zu Land. Heute gerät die Kunst mit ihm umzugehen, zunehmend in Vergessenheit: Mit den Handygroßen und preislich immer günstigeren GPS-Geräten (Global Positioning System) kann die geographische Länge und Breite in jedem Terrain schnell und zuverlässig bis auf wenige Meter genau vom digitalen Display abgelesen werden. Das Innenleben und die mathematische Logik des GPS bleibt zwar für die Mehrzahl „User“ verborgen, gewissermaßen der einer „black box“ gleich, aber die Vorteile im praktischen Gebrauch

sind auch von Pädagogen nicht klein zu reden.

Macht es da Sinn, einen schulischen Projektvorschlag für ein Gerät zu veröffentlichen, dass nur aus seerechtlichen Gründen auf einem Schiff mitgeführt werden muss und, obschon es sicherlich großen Anteil an der Entdeckungsgeschichte und an den Ursachen der politischen Aufteilung der Erde, heutzutage praktisch ausgemustert ist?

Die Antwort ist ein deutliches ja!

Denn der Sextanten birgt über seine navigatorische Anwendung hinaus eine Reihe von Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Landvermessung (Geodäsie), der Höhen- und Entfernungsbe-

stimmung von Objekten. Mit dem Sextanten kann sowohl eine pflanzensoziologisch aufzunehmende Fläche eingemessen werden wie auch die Distanz Erde – Mond bestimmt werden. Die meisten der trigonometrischen Aufgaben, die in 19.49 „Geometrie im Strandkorb“ dargestellt wurden, lassen sich mit dem Sextanten lösen.

Der Selbstbau eines Spiegelsextanten eröffnet die Möglichkeit, die Behandlung der optischen Brechungs- und Reflektionsgesetze in einen praktischen Zusammenhang zu stellen. In der Mathematik bietet sich der Gebrauch von Geodreieck und Zirkel an, wenn Sie das Schnittmuster mit den Mitteln der Geometrie selbst erstellen möchten (Sie können aber auch den nachfolgenden Bauplan verwenden!). Auch für das Fach Geographie ist der Bau und Gebrauch eines Sextanten von Nutzen, besonders in Bezug auf kartographische Themen oder der Orientierung auf der Erde. Die Herstellung erfordert genaues Arbeiten mit Holz und gehört sicherlich zu den anspruchsvolleren Projekten im Werkunterricht.

Ein Spiegelsextant ist teuer. Kaum eine Schule hat ein solches Gerät. Grund genug, hier einfache und leicht beschaffbare Materialien zu verwenden, die nicht viel kosten. Wenn man vom Holz absieht, ist der Sextant ein „low cost projekt“, im und kann bei etwas Einfallsreichtum und dem Einsatz von Abfallmaterialien vielleicht sogar kostenlos entstehen.

Kostenlos, aber sicher nicht umsonst, denn wer ein solches Gerät gebaut hat und zu nutzen weiß, hat eine Menge gelernt.

Das beschriebene Gerät habe ich konstruiert, nachdem ich einen Sextanten aus Pappe in den Händen hielt. Klaus Hünig hat im Astro-Media Verlag zum Preis von z.Z. DM 35.- einen Baubogen aus 2 mm starker Pappe veröffentlicht, mit dem und Dank einer hervorragenden Anleitung im Laufe eines Abends ein funktionsfähiger Spiegelsextant mit einer Genauigkeit von etwa 5 Bogenminuten entstehen kann. Da eine Bogenminute gleich eine Seemeile (=1,852 km) ist, bedeutet das eine Messgenauigkeit von etwa ± 9 km auf der Erde.

Der Bau des Pappsextanten brachte mich auf die Idee, ein wetterfestes Pendant aus Holz zu bauen. Das verwendete Sperrholz, ein in Finnland hergestelltes 5 mm starkes 10fach Laminat aus Birkenfurnier, hat sich beim Bau von Bumerangs und Drehflüglern gut bewährt und ist durch das kreuzweise Verkleben der papierdünnen Einzellagen unter Hitze und Druck auch nach Benutzung im Regen unbehandelt völlig verwerfungsfrei. Im Holzfachhandel heißt es „Bumerangholz“. Qualität hat seinen Preis, das Material kostet etwa DM 70.- pro Quadratmeter und wird nur quadrate meterweise verkauft. Es gibt nur wenige Anbieter, z.B. die Fa. Holz-Franke in Hannover, Dragonerstraße (Tel.: 0511/628441).

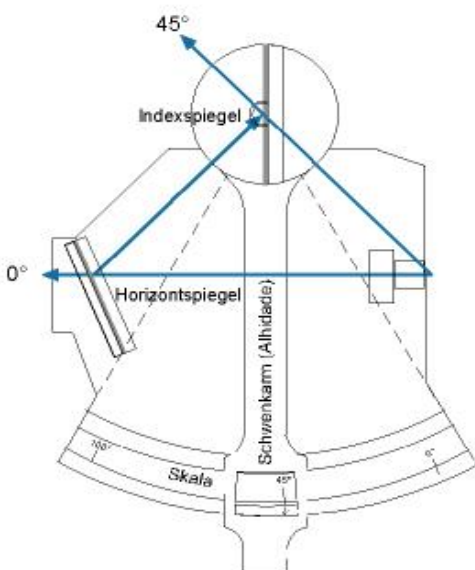
Wenn Ihre Ansprüche geringer sind, können Sie natürlich auch preisgünstigeres Holz verwenden. Dann sei aber eine fachgerechte Behandlung z.B. mit Bootslack empfohlen.

Aufbau und Funktion des Spiegelsextanten:

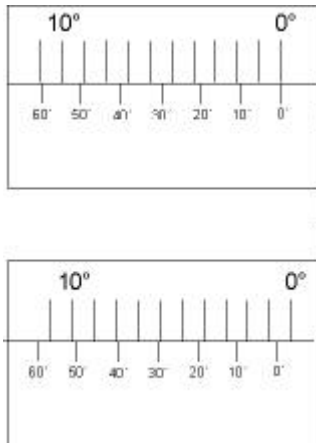
Der Spiegelsextant besitzt einen auf der Grundplatte fest montierten Horizontspiegel und einen, durch einen Schwenkarm (Alhidade) beweglichen Indexspiegel. Die Alhidade ist beweglich mit der Grundplatte verbunden.

In gleicher Höhe mit dem Horizontspiegel und ihm gegenüber befindet sich das Peilrohr zum Anvisieren der zu vermessenden Objekte. Auf der Unterseite der Grundplatte ist eine von $+100^\circ$ bis -20° reichende Messskala angebracht. Der Messwert ist im Fenster der Alhidade abzulesen.

Das Prinzip der Messung des Winkels zwischen zwei Punkten besteht darin, dass ein Punkt oder eine Linie (z.B. der Horizont) durch das Peilrohr und am Horizontspiegel vorbei anvisiert wird. Mit dem Schwenkarm wird das gespiegelte Bild des zweiten Punktes mit dem ersten Punkt zur Deckung gebracht. Der Winkel zwischen den beiden Punkten kann dann



im Fenster der Alhidade abgelesen werden. Eine Nonius genannte Zusatzskala im Schwenkarmfenster ermöglicht Messungen mit einer Genauigkeit von 5' (Bogensekunden). Zum Vergleich: Der scheinbare Sonnen- oder Monddurchmesser beträgt etwa 30'.



Die Genauigkeit der Noniusablesung beruht auf unserer Fähigkeit genau feststellen zu können, wann zwei Linien ohne Bruch ineinander übergehen.

Fällt der Nullwert des Nonius genau mit einem Strich auf der großen Skala zusammen, erhalten Sie einen glatten Wert. Liegt die Null des Nonius zwischen zwei Teilstrichen der Skala, wird einer der Nonius-Teilstriche links von der Null mit einem Skalenteilstrich zusammenfallen. Dieser Nonius-Teilstrich gibt den Wert in Bogenminuten an.

Im der Abbildung oben beträgt der Wert genau 0°, im zweiten Fall sind es 0°40'.

Benötigte Materialien:

Grundplatte, Alhidade, Halterungen für Spiegel:

Laubsäge, Schleifpapier

5mm starkes, aus mehreren Schichten verleimtes Sperrholz, etwa 40 x 40 cm

Schraubenschlüssel 13 mm

1 Schraube M 10 x 30 mm, 2 Muttern M 10 mm, dazu eine Unterlegscheibe

Horizont-, Indexspiegel und Spiegel für künstlichen Horizont:

3 mm starke Spiegelfliese, 15 mm breite Abschnitte (Länge siehe Bauplan)

Glasschneider

Stege aus Sperrholz zum Befestigen der Spiegel (Maße s. Bauplan)

Peilrohr:

GK-Kupplungsstück für Gartenschläuche ½-Zoll,

passende Rundschelle, ebenfalls für Gartenschlauch

passende Schraube, aber 40 mm lang, passende Mutter

2 passende Unterlegscheiben

Messskala und Nonius:

Zirkel, Winkelmesser, Lineal, Bleistift

oder Kopiervorlage ausschneiden

Laminiergerät

Künstlicher Horizont:

Zweifach-Libelle aus dem Baumarkt (mit der Säge geteilt)

Spiegel s.o.

Sonnenfilter

Diarahmen mit zwei übereinander gelegten unbelichteten Dias

Stege aus Sperrholz als Führung

Wasserwaage für Messungen in der Horizontalen

Zweite Libelle, wird auf Alhidade geklebt

Griff

Konservendose mit Gummi-Schnappdeckel, 75 x 40 mm

Wird auf der Rückseite der Grundplatte aufgeklebt

Bauanleitung

Grundplatte

- Übertragen Sie zunächst die Umriss der Grundplatte 1:1 auf ein passendes Stück Sperrholz, achten Sie dabei besonders auf den Drehpunkt.
- Schlagen Sie mit dem Zirkel zwei Kreise mit den Radien 200 bzw. 190 mm. Der größere Kreis bildet die Unterkante des Sextanten, der kleinere fällt mit dem Aussenradius der später einzusetzenden Skala zusammen.
- Ziehen Sie mit dem Bleistift die Senkrechte durch den Drehpunkt.
- Zeichnen Sie eine Horizontale im Abstand von 80 mm unter dem Drehpunkt (Peilebene!)
- Sägen Sie den Umriss sauber mit der Laubsäge aus.
- Glätten Sie die Schnittflächen mit Schleifpapier.
- Durchbohren Sie den Drehpunkt des Schwenkarms (6 mm Bohrer).
- Sägen Sie den Schlitz für den Sonnenfilter aus. Die Weite richtet sich nach dem später verwendeten Diarahmen. Sie sollte sich nah unten etwas verjüngen um einen guten Sitz des Filters zu ermöglichen

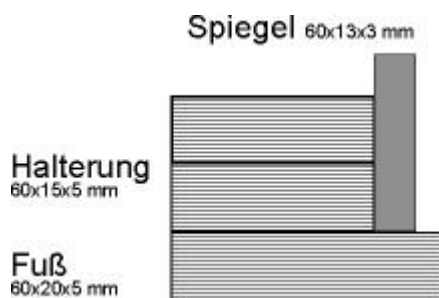
Alhidade

- Übertragen Sie die Umriss der Alhidade 1:1 auf Sperrholz, achten Sie auch hier wieder besonders auf die Lage des Drehpunkts
- Zeichnen Sie die Achse (Mittellinie) der Alhidade mit Bleistift ein
- Sägen Sie den Umriss sauber mit der Laubsäge aus
- Glätten Sie die Schnittflächen mit Schleifpapier
- Durchbohren Sie den Drehpunkt des Schwenkarms (6 mm Bohrer)

Deckscheibe am Kopf der Alhidade

- Übertragen Sie den Umriss der Deckscheibe 1:1
- Sägen Sie den Umriss sauber mit der Laubsäge aus
- Glätten Sie die Schnittflächen mit Schleifpapier
- Durchbohren Sie den Drehpunkt mit einem 13 mm Bohrer (das Loch umfasst später den Schraubenkopf)

Horizontspiegel



- Die Spiegel schneiden Sie mit dem Glasschneider von der Kante einer 3 mm starken Spiegelfliese, beim Horizontspiegel betrage die Maße ca. 60 x 15 mm
- Sägen Sie den Fuß und die rückwärtige Halterung aus Sperrholz aus
- Tragen Sie zur linken Seite hin (Objektrichtung!) 80 mm auf der zuvor eingezeichneten Horizontalen ab
- Kleben Sie den Fuß, den darauf sitzenden Spiegel und die Spiegelhalterung im Winkel von $67,5^\circ$ zur Waagerechten auf die Grundplatte. Die horizontale Distanz zwischen Spiegelfläche bzw. -mittelpunkt und der auf der Grundplatte eingezeichneten Senkrechten muss 80 mm betragen.
- Achten Sie darauf, dass der Spiegel und die darunter liegenden Flächen einen rechten Winkel bilden (Geodreieck oder Papierkante benutzen!)

Indexspiegel

- Der Indexspiegel hat die Maße 70 x 13 x 3 mm
- Die rückwärtige Halterung besteht aus zwei aufeinander geklebten Sperrholzstegen mit den Maßen 70 x 15 x 5 mm. Der Indexspiegel bekommt keine Fußplatte denn er hat durch den Alhidadenkopf und die später darauf montierte Deckscheibe eine um 5 mm über das Niveau des Horizontspiegels erhöhte Position.
- Kleben Sie den Indexspiegel noch nicht auf!

Zusammenbau von Grundplatte, Alhidade und Deckscheibe

- Legen Sie Grundplatte, Alhidade und Deckscheibe passgenau übereinander
- Stecken Sie die Schraube (13 x 30 mm) von oben durch die gebohrte Drehachse, und schieben Sie von hinten eine Unterlegscheibe auf das Gewinde
- Drehen Sie zwei passende Muttern auf das Gewinde. Achtung, die erste Mutter darf nur locker auf der Unterlegscheibe sitzen, die zweite wird als Kontermutter fest auf die erste gezogen (zwei Maulschlüssel benutzen)
- Die Alhidade muss leichtgängig über die ganze Grundplatte hinweg bewegt werden können, andernfalls sind die Muttern leicht zu lösen

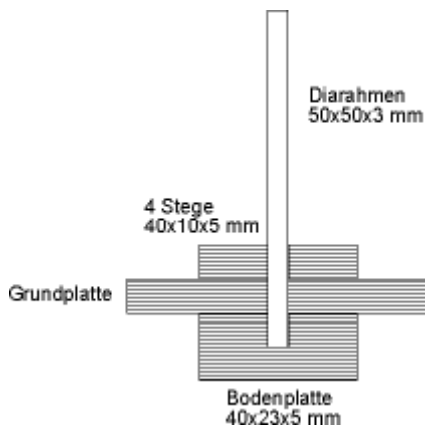
Aufsetzen des Indexspiegels

- Kleben Sie jetzt den Indexspiegel mit der rückwärtigen Halterung auf die Deckscheibe des Alhidadenkopfes
- Dabei muss der Spiegel genau mit der Mittellinie der Alhidade fluchten (Achtung: Das lässt sich später kaum korrigieren, weil der Sechskantkopf der Schraube sich nicht in der Bohrung der Deckscheibe drehen darf!). Weiterhin muss er mit der Spiegelfläche genau über der Drehachse, also der Mitte des Schraubenkopfes liegen! Achten Sie wieder darauf, dass der Spiegel und die darunter liegende Fläche einen rechten Winkel bilden (Geodreieck oder Papierkante benutzen!)

Sonnenfilter

Zur Bestimmung der Sonnenhöhe über dem Horizont muss die Sonne ins Visier genommen werden. Wichtig: **Die Sonne darf nie ohne Filter betrachtet werden, schwere Augenschäden wären sonst die Folge!** Ältere Kapitäne waren früher oft durch den täglich mehrfachen Gebrauch des Sextanten auf ihrem „Peilauge“ blind!

- Der Sonnenfilter besteht aus einem Dia-Klapprahmen in den zwei unbelichtete (schwarze) Dias eingeklebt werden (Auch bei Klapprahmen unbedingt kleben um späteres Verrutschen zu verhindern!)



- Die Halterung des Sonnenfilters besteht wie im Falle der Spiegel aus Sperrholzstegen. Der Dia-Rahmen wird zwischen vier seitlichen Führungsstegen eingeschoben. Die Stege haben die Maße 40 x 10 x 5 mm. Zwei Stege werden über, zwei Stege unter die Grundplatte geklebt. Den Abschluss bildet eine Platte von 40 x 23 x 5 mm (Wenn der Dia-Rahmen 3 mm stark ist, die Breite ist ggf. zu verändern!). Prüfen Sie nach Aushärten des Klebstoffes, ob sich der Rahmen gut und tief genug einführen lässt und ob der ohne zu wackeln sitzt.

Peilrohr

- Das Peilrohr meines Sextanten habe ich aus einer ½-Zoll GK-Schlauchkupplung und einer dazugehörigen Schlauchschelle gefertigt. Schlauchkupplungen finden Sie in den Gartenabteilungen der Baumärkte oder im Gartenfachhandel. Natürlich können Sie auch andere Materialien verwenden! Einzige Funktion des Peilrohres ist es, das Auge in die richtige Position zum Peilen zu zwingen. Die Schlauchkupplung lässt sich später, wie bei einem professionellen Sextanten durch ein kleines Fernrohr, z.B. ein geteiltes Opernglas ersetzen. Bohren Sie unterhalb des Peilrohrs auf der Grundplatte ein Loch für die Befestigungsschraube. Die Schraube der Schlauchschelle müssen Sie durch eine längere ersetzen, damit Sie durch die Grundplatte hindurch gesteckt werden kann. Zwei Unterlegscheiben, eine auf und eine unter der Grundplatte sorgen für einen perfekten Sitz.

Skala

- Die Skala können Sie 1:1 kopieren, ausschneiden und auf die Grundplatte kleben. Prüfen Sie mit Hilfe eines Winkelmessers, wie stark Ihr Kopierer verzerrt! Schneiden Sie die Skala sorgfältig aus. Bevor die Skala auf die Grundplatte kleben, sollten Sie sie durch ein Laminiergerät schieben. Dadurch wird die Papierskala steifer, d.h. sie verzieht sich beim Aufkleben nicht so leicht. Die Oberfläche des Laminats lässt sich gut reinigen und ist glatt genug, dass der ebenfalls zu laminierende Nonius (Teilskala zur Ablesung der Bogenminuten) leicht über die Skala gleiten kann. Achtung: Lassen Sie beim Ausschneiden der laminierten Skalen einen Rand von 5 mm überstehen, anderenfalls löst sich das Laminat später auf!
- Die Skala hat einen Aussenradius von 190 mm. Achten Sie darauf, dass ihre Aussenkante genau mit dem zuvor auf der Grundplatte geschlagenen Teilkreis übereinstimmt.
- Konstruktion der Skala mit Zirkel, Lineal, Bleistift und Winkelmesser: Schlagen Sie einen Kreis mit dem Radius 190 mm und markieren Sie den Mittelpunkt. Die Skala umfasst 120°, umfasst aber einen Winkel, der mit 60° nur halb so groß ist (Sextant = 1/6 eines Kreises). Schneiden Sie also einen 60° breiten Sektor aus dem Kreis aus. Ein Grad auf der Skala des Sextanten zeichnen Sie folglich unter einem Winkel von 0,5°. Dies ist eine anspruchsvolle Übung, die sehr genaues Zeichnen und ein ausgeprägtes Gefühl für Proportionen voraussetzt, mit einem größeren Winkelmesser aber zu leisten ist.

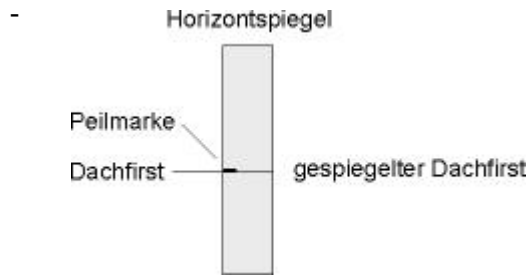
Nonius

- Auch den Nonius können Sie 1:1 kopieren, ausschneiden und laminieren. Er wird unter die Alhidade in den unteren Teil des Ablesefensters geklebt und zwar so, dass seine Oberkante über den äußersten Rand der Skala gleitet.
- Konstruktion des Nonius mit Bleistift, Lineal, Zirkel und Winkelmesser: Die Nonius-einteilung von 60' (Bogenminuten) ist genauso lang wie 11° auf der Skala. Teilen Sie 11° durch 60' und Sie erhalten 0,1833333...° pro Bogenminute. 5 Bogenminuten auf dem Nonius entsprechen 0,9166666...° auf der Skala. Ein Grad auf der Skala des Sextanten hat einen Winkel von 0,5°, woraus folgt, dass 5' auf dem Nonius in einem Winkel von 0,4583333...° zu zeichnen sind. Das gelingt selbst mit dem scharf gespitzten Bleistift und nur unter Mühen. Empfohlen sei ein großer Winkelmesser (Geodreiecke sind zu klein um Bruchteile eines Winkels zu zeichnen!)

Eichung

- Schauen Sie durch das Peilrohr auf die Eichmarke an der Aussenkante des Horizontspiegels und visieren Sie ein möglichst weit entferntes und Objekt an, z.B. den First eines waagerechtes vor Ihnen liegenden Hausdachs. Er muss genau auf der Ebene der Eichmarke liegen.

- Bewegen Sie die Alhidade so weit, dass das vom Index- und Horizontspiegel reflektierte Bild des Firsts ohne Bruch in das Original übergeht.



- Die Null auf Skala sollte jetzt in der rechten äußeren Hälfte des Ablesefensters erscheinen.
- Sollte das nicht der Fall sein, lösen Sie die Muttern der Drehachse ein wenig und verdrehen Sie die Abdeckplatte mit dem Indexspiegel so weit, bis das Objekt und das Bild in einer Ebene liegen.
- Erst wenn diese noch grobe Einstellung stimmt, kleben Sie die Abdeckscheibe auf den Alhidadenkopf. Zeichnen Sie vorher Markierungen an den Rand!
- Die Feinjustierung erfolgt mit dem Nonius: Erst wenn Objekt und Bild ohne Versatz ineinander übergehen, beide exakt auf der Ebene der Horizontmarke (s. Horizontspiegel) liegen und die Nullmarke des Nonius mit der Nullmarke der Skala übereinstimmt dürfen Sie zufrieden sein! Das Eichen des Geräts bedarf einiger Geduld und – selbstredend – einer guten Portion Sorgfalt. Sie werden nicht umhin kommen, die eine oder andere Klebeverbindung zu lösen und neu auszurichten. Und, das sei noch einmal gesagt, wirklich gute Ergebnisse liefert der Sextant erst, wenn Sie ihn am Meer auf den entfernten und ruhigen Horizont geeicht haben!

Künstlicher Horizont

- Der Künstliche Horizont besteht aus einer Wasserwaage und einem Spiegel. Der Spiegel ist so angeordnet, das Sie die Luftblase im unteren Teil des Horizontspiegels, unter der Eichmarke sehen können. Beim leichten Kippen des Sextanten wandert die Blase hin und her. Mittellage sollte bedeuten, dass der Sextant horizontal gehalten wird, achten Sie als darauf, dass er entsprechend auf die Grundplatte geklebt wird. Überprüfen Sie das bei Gelegenheit am Strand und lösen Sie die Wasserwaage gegebenenfalls noch einmal von ihrer Unterlage. Dabei können Sie auch noch mal die Position der Peilmarke auf dem Horizontspiegel überprüfen.

Wasserwaage für horizontale Messungen

- Kleben Sie eine zweite Wasserwaage auf die Alhade. Damit machen Sie den Sextanten tauglich für horizontale Messungen, z.B. zum Zwecke der kartographischen Aufnahme eines Geländes (Anregungen dazu in AH 19.49 „Geometrie im Strandkorb“). Wenn beide Wasserwaagen ausnivelliert sind, liegt die Grundplatte horizontal.

Stativanschluss für horizontale Messungen

Bei der Geländevermessung ist es von Vorteil, wenn der Sextant in eine feste und ausnivellierte Horizontallage gebracht werden kann. Ich setze dazu einen ausgedienten Lautsprechermagneten von 12 cm Durchmesser bündig auf ein Fotostativ. Die Metalldose, als Griff auf die Rückseite des Sextanten geklebt, sitzt sicher auf dem Magneten und das Gerät kann bequem mit Hilfe des Stativschwenkarms in die Horizontale gebracht werden. Das Loch im Magneten habe ich mit dem Metallbohrer aufgeweitet und in die entstandene Vertiefung eine zur Befestigungsschraube am Stativkopf passende Mutter eingesetzt. Das garantiert perfekten Sitz.

Ingo Mennerich, Januar 2002

