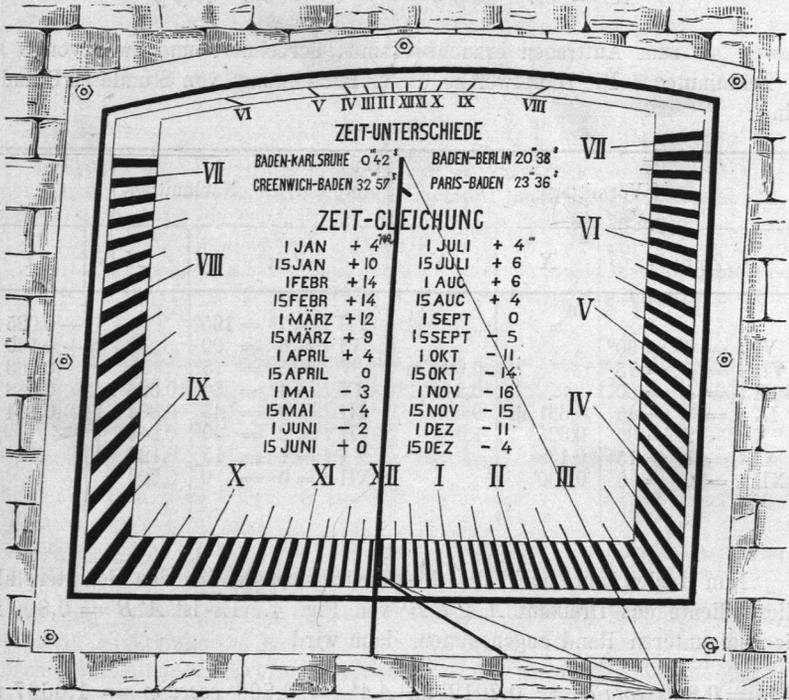


Vergleichungen haben ergeben, dass die Sonnenuhr allerdings innerhalb dieser Genauigkeit richtig „geht“.

Fig. 7. Sonnenuhr an einer verticalen Wand von W. N. W. nach O. S. O.



## § 28. Der Spiegelsextant.

Geschichtliches. Bohnenberger berichtet in seiner „Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung“, Göttingen 1795, auf S. 57—61 Folgendes: „Da zur See feste Aufstellung von Instrumenten nicht angeht, so sind zur Anstellung astronomischer Beobachtungen auf der See verschiedene Werkzeuge ausgedacht worden. Unter diesen zeichnet sich vorzüglich der nach seinem Erfinder, Johann Hadley, sogenannte Hadley'sche Spiegeloctant oder Spiegelsextant aus. Er bekommt den ersten Namen, wenn er ein Kreisabschnitt von  $45^{\circ}$ , den zweiten, wenn er ein solcher von  $60^{\circ}$  (oder auch etwas mehr, meist  $70^{\circ}$ ) ist. Hadley legte die erste Beschreibung von seinem Octanten im Mai 1731 der königlichen Societät in London vor (Philos. Trans. Nr. 420), deren Vicepräsident er war, und erklärte die Grundsätze, auf welche er gebaut ist. Sein erster Octant war von Holz, er liess nachher einen zweiten von Messing machen (Philos. Trans. Nr. 425), mit welchem Versuche zur See angestellt wurden, welche die Brauchbarkeit dieses Instrumentes an den Tag legten. Demungeachtet verfloßen wenigstens zwanzig Jahre bis dieses vortreffliche Werkzeug in Gebrauch kam.

Einige Jahre nachher, nämlich im Jahre 1742, wurde unter den hinterlassenen Papieren Hadley's eine Handschrift Newton's gefunden, welche eine Zeichnung und

Beschreibung von einem Instrument enthielt, das nicht sehr von dem ersten Instrument Hadley's verschieden war. Seine vorzüglichen Eigenschaften und sein Gebrauch zur See waren ebenfalls angezeigt. Daher, sagt Ludlam (Directions for the use of Hadley's Quadrant, London 1790), scheint es, dass in der That Newton der erste Erfinder von diesem Reflexionsquadranten war, ob es gleich vor 1742 Niemanden als vielleicht dem D. Hadley bekannt war, welcher noch nichts davon gewusst zu haben scheint, als er seinen Octanten der königlichen Societät bekannt machte. Hadley's grosse Geschicklichkeit und besondere Fertigkeit in der Optik (wovon man viele Beweise in den philos. Trans. findet), lassen keinen Zweifel stattfinden, dass er gleichfalls der erste Erfinder war, und demzufolge hat dieses Instrument immer seinen Namen getragen.“

„Man suchte nun den Sextanten auch zu Beobachtungen auf dem festen Lande einzurichten. Der Seefahrer findet seinen Horizont in der weiten See, zu Lande muss man sich einen Horizont durch Kunst zu verschaffen wissen. Es wurde daher auch der Hadley'sche Sextant in Deutschland wenig oder gar nicht gebraucht, bis Herr von Zach und Herr Graf Brühl dieses vortreffliche Instrument auch in Deutschland bekannt machten und Mittel erfanden, es zu Beobachtungen auf dem Lande sicher gebrauchen zu können.“

Princip des Spiegelsextanten (Fig. 1.).

S und s sind zwei Spiegel („Grosser Spiegel“ S, „Kleiner Spiegel“ s), deren Ebenen sich in S' schneiden. L und R sind zwei entfernte Zielpunkte (links und rechts), welche beide im Fernrohr F in Deckung gesehen werden, und zwar L unmittelbar über den kleinen Spiegel s hinweg, dagegen R durch doppelte Reflexion auf dem Wege RSsF.

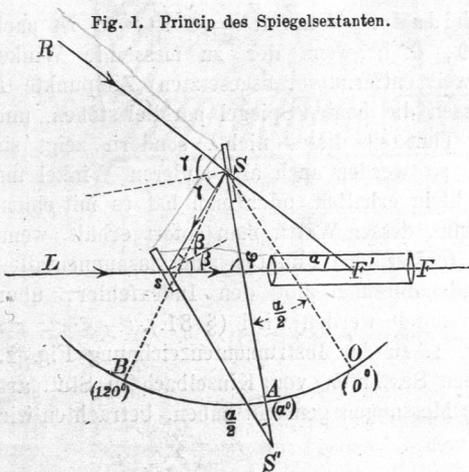


Fig. 1. Princip des Spiegelsextanten.

Es lässt sich zeigen, dass der Winkel SS's, welchen die beiden Spiegel unter sich bilden, die Hälfte des Winkels LFR = α ist, welchen die beiden

Ziellinien nach L und R einschliessen, denn es ist

$$\text{im Dreieck } F'sS: \alpha + 2\beta + (180^\circ - 2\gamma) = 180^\circ$$

$$\text{im Dreieck } S'sS: S' + (90^\circ + \beta) + (90^\circ - \gamma) = 180^\circ$$

$$\text{d. h. } \begin{aligned} \alpha &= 2\gamma - 2\beta \\ S' &= \gamma - \beta \end{aligned} \tag{1}$$

$$S' = \frac{\alpha}{2} \tag{2}$$

In der Figur ist daher  $\frac{\alpha}{2}$  bei S' eingeschrieben.

Dieser Satz (2) (welcher mit  $\alpha = 90^\circ$  bekanntlich auch beim Winkelspiegel zur Anwendung kommt) bildet die Grundlage der Theorie des Spiegelsextanten.

Der kleine Spiegel  $s$  und das Fernrohr  $F$  sind mit dem Sextanten  $SOB$  fest verbunden, während der grosse Spiegel  $S$  um den Sextantenmittelpunkt drehbar ist, und bei der Drehung eine Alhidade  $SA$  mitnimmt, welche auf den Nullpunkt  $O$  der Kreisbogentheilung zeigt, wenn beide Spiegel  $S$  und  $s$  parallel sind ( $SO$  parallel dem Spiegel  $s$ ). Der Bogen  $OB$  ist mit einer Theilung versehen, deren beigeschriebene Zahlen das Doppelte des jeweiligen Centriwinkels  $OSA$  angeben, d. h. man liest an dem Bogen  $OB$  mittelst der Alhidade  $SA$  geradezu den zu messenden Winkel  $\alpha$  ab, weshalb bei  $A$  der Werth ( $\alpha^\circ$ ) beigesetzt ist.

Die Entfernung der Zielpunkte  $L$  und  $R$  wird bei Sextantenmessungen im Allgemeinen als unendlich gross vorausgesetzt, so dass die Sextantendimensionen selbst für diese Zielpunkte keine Parallaxen geben. Bei astronomischen Zielpunkten (Sonne, Mond etc.) ist diese Bedingung weitaus erfüllt, und auch bei terrestrischen Messungen müssen nur selten die Parallaxen berücksichtigt werden, worüber später das Nöthige zu verhandeln sein wird.

**Nullstellung der Alhidade.** Wenn  $\alpha = 0$  ist, so ist nach (2) auch der Winkel  $S' = 0$ , d. h. wenn der zu messende Winkel Null ist, oder wenn die (als weit entfernt vorausgesetzten) Zielpunkte  $L$  und  $R$  zusammen fallen; so müssen die beiden Spiegel parallel stehen, und die Alhidade soll Null zeigen. Thut sie dieses nicht, sondern zeigt sie irgend einen anderen Werth  $i$ , so werden auch alle anderen Winkel um diesen Betrag zu gross oder zu klein erhalten, oder man hat es mit einem sogenannten „Indexfehler“ zu thun, dessen Werth man sofort erhält, wenn man die beiden Bilder eines (entfernten) Punktes zum Zusammenfallen bringt. Die zugehörige Alhidadenablesung gibt den Indexfehler, über welchen des Näheren später verhandelt werden wird (§ 31.).

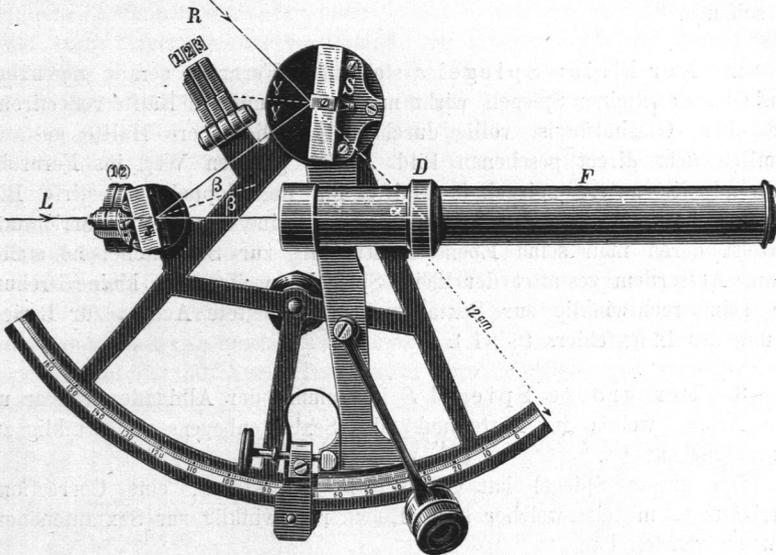
Von der schematischen Fig. 1. zu der Instrumentenzeichnung Fig. 2. übergehend, welche einen kleinen Sextanten von Kinzelbach in Stuttgart vorstellt, mit dem wir zahlreiche Messungen gemacht haben, betrachten wir die Haupttheile besonders.

1. Das Fernrohr wird zum Gebrauch in einen Ring  $D$  eingeschraubt, und kann mittelst einer unter dem Sextanten angebrachten Schraube in seiner Höhenlage gegen die Sextantenebene verändert werden. Diese Höhenverschiebung des Fernrohrs hat den Zweck, je nach Umständen einen grösseren oder kleineren Theil des Objectivs dem directen Bilde  $L$  oder dem zweifach reflectirten Bilde  $R$  zu widmen, wenn diese beiden Bilder verschiedene Helligkeit haben.

Die Fernrohrachse soll der Sextantenebene parallel sein, und es ist bei vielen Instrumenten eine Correctionsvorrichtung, etwa an dem Ring  $D$ , in welchen das Fernrohr eingeschraubt ist, vorhanden, mit welcher man die Parallelität des Fernrohrs zur Sextantenebene richtig stellen kann.

Vor dem Ocular des Fernrohrs kann ein stark rothes Blendungsglas aufgeschraubt werden, welches dann gebraucht wird, wenn bei Sonnen-

Fig. 2. Spiegelsextant.  
(Maassstab 1 : 2,4. Halbmesser = 12 cm.)



beobachtungen beide Strahlen  $L$  und  $R$  fürs Auge geschwächt werden müssen.

Ein Fadenkreuz, wie bei einem Theodolitfernrohr, hat das Sextantenfernrohr nicht, man bringt die Bilder nach Schätzung in der Mitte des Gesichtsfeldes zur Deckung. Dagegen hat das Fernrohrocular häufig zwei Parallelfäden, wie Fig. 3. zeigt, welche dazu dienen, die Mitte des Gesichtsfeldes besser schätzen zu können. Meist hat man zwei oder mehr Oculare mit verschieden starken Vergrößerungen, mit verschieden dicken Fäden etc.

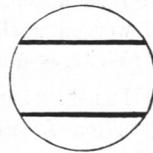
Die optischen Verhältnisse eines Sextantenfernrohrs sind wesentlich verschieden von denen des Fernrohrs eines Theodolits oder eines ähnlichen festen Instrumentes.

Unser Instrument hat:

Oeffnung des Objectivs 16 mm  
Brennweite des Objectivs 17 cm

- a) schwache Vergrößerung = 8fach  
mit Gesichtsfeld =  $3^{\circ} 36'$
- b) starke Vergrößerung = 12fach  
mit Gesichtsfeld =  $2^{\circ} 24'$ .

Fig. 3.  
Gesichtsfeld des Sextantenfernrohrs.



Der Halbmesser des Sextanten Fig. 2. ist 12 cm, die Nonienablesung 20''.

Ausser dem Fernrohr mit den beiden Ocularen kann auch ein einfaches Diopferrohr in den Ring  $D$  geschraubt werden, und beim Verzicht auf Vergrösserung kann man auch direct mit freiem Auge durch den Ring  $D$  schauen.

2. Der kleine Spiegel  $s$  steht dem Fernrohr gerade gegenüber. Das Glas des kleinen Spiegels wirkt nur auf der unteren Hälfte reflectirend, die obere Glashälfte ist völlig durchsichtig. Die obere Hälfte gestattet nämlich dem direct gesehenen Bild  $L$  den geraden Weg ins Fernrohr, während die untere spiegelnde Hälfte für das doppelt reflectirte Bild  $R S s F$  bestimmt ist. Der kleine Spiegel hat eine Corrections-Vorrichtung, mittelst deren man seine Ebene rechtwinklig zur Sextantenebene stellen kann. Ausserdem gestattet der kleine Spiegel zuweilen eine kleine Drehung um seine rechtwinklig zur Sextantenebene gerichtete Achse, zur Berichtigung des Indexfehlers (§ 31.).

3. Der grosse Spiegel  $S$  ist sammt der Alhidade drehbar um eine Achse, welche im Mittelpunkt des Sextantenbogens rechtwinklig zur Sextantenebene ist.

Der grosse Spiegel hat meist, wie der kleine, eine Correctionsvorrichtung, mittelst welcher seine Ebene rechtwinklig zur Sextantenebene gemacht werden kann.

4. Die Blendgläser [1] [2] [3] und (1) (2)\* dienen zur Abschwächung von Lichtstrahlen (namentlich bei Sonnenbeobachtungen), welche entweder vom linken Zielpunkt  $L$  oder vom rechten Zielpunkt  $R$  herkommen. Unser Instrument besitzt deren 5 von verschiedenen Blendungsstärken und von verschiedenen Farben (roth, grün etc.), nämlich 3 vor dem grossen Spiegel [1] [2] [3] und 2 vor dem kleinen Spiegel (1) (2). Diese Blendungen, welche in Fig. 2. sämmtlich zurückgeschlagen gezeichnet sind, werden nach Bedarf eingeschlagen.

(Weiteres über die Blendgläser s. § 31.)

Handhabung des Sextanten. Um den Winkel zwischen zwei Zielpunkten  $L$  (links) und  $R$  (rechts) zu messen, nimmt man das Instrument am Griff frei in die rechte Hand, und visirt mit dem Fernrohr direct nach  $L$ , wobei der Sextant in die Ebene der zwei Zielpunkte  $L$  und  $R$  gebracht wird. Unter Festhaltung der Visur  $L$  dreht man mit der linken Hand die Alhidade langsam bis auch der rechtseitige Zielpunkt  $R$  im Gesichtsfeld erscheint, worauf mit der linken Hand die Alhidade geklemmt und die Mikrometerschraube zum scharfen Decken von  $L$  und  $R$  benutzt wird. Die Ablesung am Nonius geschieht dann in aller Ruhe.

\* Die Blendgläser (1) und (2) Fig. 2. sind rechtwinklig zu  $Ls$ , die schiefe Ansicht von (1) und (2) in Fig. 2. rührt daher, dass Fig. 2. nach einer Photographie gemacht ist.

Da man nicht im Stande ist, die Sextantenebene scharf in der Ebene der zwei Zielstrahlen nach  $L$  und  $R$  zu halten, so muss man, während die Visur  $L$  festgehalten wird, das Instrument um die Fernrohrachse beständig drehen, so dass man  $R$  in flachem Bogen an  $L$  vorbeischwingen sieht, und die Deckung während dieses Schwingens erhaschen muss.

Dem Anfänger wird es schwer, die Zielpunkte nur überhaupt zu finden, und zusammen ins Gesichtsfeld zu bringen. Abgesehen von der Anwendung eines Stativs (§ 29.) wird die Messung erleichtert, wenn man den zu messenden Winkel vorher schon auf  $1^0$ — $2^0$  genau kennt (dieses ist z. B. bei Mondstrecken stets der Fall). Man stellt dann die Alhidade auf den fraglichen Werth, und muss dann beim vorsichtigen Schwingen um  $L$  auch  $R$  erscheinen sehen. Zum vorläufigen Einstellen auf etwa  $1^0$  genau ist es oft nützlich, das Fernrohr heraus zu schrauben, und mit freiem Auge direct durch den Ring  $D$  zu sehen. Die Handhabung des Sextanten von freier Hand zu lernen, erfordert Geduld und Liebe zur Sache. Während Winkelmessung mit dem Theodolit bequem in wenigen Nachmittagen gelernt werden kann, ist für den Sextanten eine Woche nöthig zur Einübung der nöthigsten Handgriffe; und Messungen mit ungünstigsten Umständen, wenn z. B. bei Mondstrecken der Sextant verkehrt gehalten werden muss (Sonne links, Mond rechts) oder wenn die schwache Mondichel bei Tage kaum zu sehen ist etc., verlangen jahrelange Uebung. Theodolitmessungen und Sextantenmessungen lassen sich vergleichen mit dem Schiessen aus festen Geschützen und mit der Büchse aus freier Hand. Wie das Freihandschiessen ist die Sextantenmessung aus freier Hand einer stetigen Verfeinerung fähig. Schriftliche Anweisung hiezu lässt sich nicht geben; persönliche Anleitung ist nützlich, aber nicht absolut nöthig, wie Verfasser aus eigener Erfahrung mittheilen kann.

### § 29. Stative für Reflexions-Instrumente.

Obleich der Sextant seiner Natur nach in freier Hand zu gebrauchen ist, und zur See überhaupt nicht anders gebraucht werden kann, ist es doch oft erwünscht, dem Sextanten und andern Reflexions-Instrumenten eine feste Aufstellung zu geben.

Für manche Zwecke wird es genügen, den Sextanten auf einem Legebrett, das mit drei Stellschrauben versehen ist, oder auf einem Theodolit-Untergestell, irgendwie zu befestigen, denn die Stellschrauben gewähren hinreichend Spielraum, um z. B. Visuren nach terrestrischen Zielpunkten in nicht zu kleinen Entfernungen zu nehmen.

Wir betrachten nun in Fig. 1. ein in der hannover'schen Sammlung befindliches, zunächst zu einem Steinheil'schen Prismenkreis gehöriges Stativ. Unsere Fig. 1. ist verkleinerte Copie der Fig. 213. von Hunäus, „Die geometrischen Instrumente“ S. 522. Der einzige Unterschied besteht in der Zufügung der Stellschrauben  $A$  (von welchen nur zwei links und rechts, in Fig. 1., angedeutet sind), die wir nachträglich anbringen liessen.