

horizontalem und verticalem Sinne genau bestimmt und die 15 Positionswinkel zwischen den 6 Zielpunkten nach der Formel, welche wir unter (4) S. 208 mitgetheilt haben, genau berechnet. Nun geben die auf demselben Centrum gemachten Sextantemessungen (mit Vernachlässigung der Parallaxe wegen genügend grosser Entfernungen) durch Vergleichung mit den berechneten Positionswinkeln sofort die Sextantencorrectionen, aus denen dann durch Ausgleichung eine Correctionstabelle erhalten wird.

Diese Ausgleichung wird von der Deutschen Seewarte nach der Methode der kleinsten Quadrate gemacht unter der Annahme, dass die Fehler nur von Excentricität herrühren, indem nur solche Instrumente zugelassen werden, deren übrige Fehler, namentlich Fehler des grossen Spiegels, sich bei vorheriger Untersuchung klein ergeben haben.

Dass diese Fehlerbestimmung der Sextanten nicht überflüssig ist, zeigt die Tabelle von S. 380—382 des VI. Jahrgangs der Annalen der Hydrographie, welche 231 Instrumente umfasst. Der Werth  $2\varepsilon$  (s. o. (18) S. 203) ist über  $5'$  in 17 Fällen oder 7%<sub>0</sub>. Es kommen Excentricitätsfehler bis zu  $8'$  vor, und in einem extremen Fall war sogar  $\varepsilon = 2^{\circ} 21'$ .

Bei 48 Sextanten mit Ablesung  $10''$  konnte keine Excentricität nachgewiesen werden. Bei sämtlichen Sextanten erster Classe (Ablesung  $10''$ , Vergrösserung mindestens 6fach) ergab sich aus der Ausgleichung ein mittlerer Fehler von nur  $7,8''$ .

Weiteres hierüber gibt das „Archiv der deutschen Seewarte“, IV. Jahrgang 1881, Nr. 4. Der Sextant, eine Studie über die Resultate aus der Prüfung von 700 Reflexionsinstrumenten, von H. Eylert.

## § 42. Besondere Sextanten-Constructionen.

### Sextant mit *zwei* kleinen Spiegeln.

Das „Journal des géomètres“ 1873, S. 88—90 gibt eine Beschreibung und Zeichnung eines von M. Collignon in Marbois (Luxemburg) erfundenen Sextanten, welcher durch Anwendung von zwei kleinen (festen) Spiegeln Winkel bis zu  $180^{\circ}$  zu messen gestattet (vgl. Helmert, Zeitschr. f. Verm. 1877. S. (38)).

Fig. 1. zeigt die Gestalt des Instrumentes in halber natürlicher Grösse, und zugleich die Wege der verschiedenen Lichtstrahlen. Die austretenden Strahlen werden entweder bei  $O$  oder  $O'$  beobachtet (entweder mit blossem Auge oder auch mit Fernröhren). Der grosse Spiegel  $S$  und der erste kleine Spiegel  $s$  gestatten die ganz gewöhnliche Sextantenmessung mit Winkelablesung von  $0^{\circ}$  bis  $120^{\circ}$  oder  $130^{\circ}$ , an der äusseren Bezifferung des Limbus. Hiezu gehören die Strahlen  $L$  und  $R$ , welche sich, nach der Doppelreflexion von  $R$ , in  $O$  vereinigen. Die hiezu gehörenden Strahlen sind in der Figur gestrichelt (-----) gezogen, die Winkel der Strahlen sind nicht eingeschrieben.

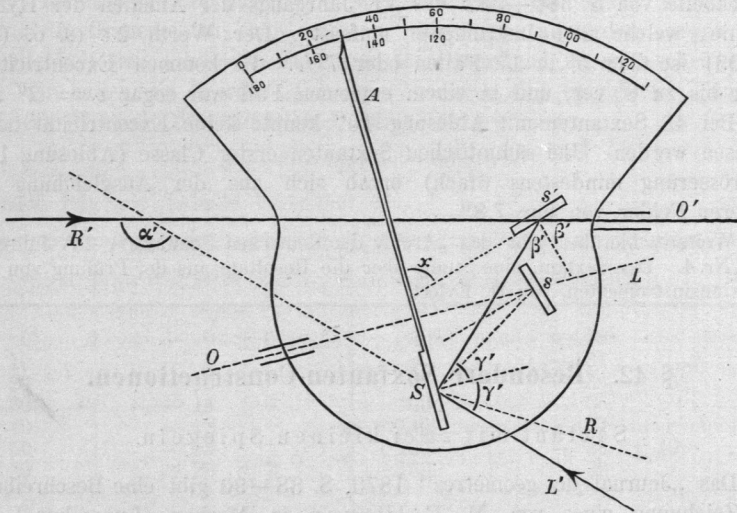
Für grössere Winkel von  $120^{\circ}$  bis  $180^{\circ}$  ist nun ein zweiter kleiner Spiegel  $s'$  angebracht, der rechtwinklig zum ersten  $s$  steht. Das Auge

begibt sich zu dieser Beobachtung nach  $O'$ , und sieht den rechten Strahl  $R'$  des jetzt zu messenden stumpfen Winkels  $\alpha'$  direct, und den linken Strahl  $L'$  zweifach reflectirt. Dabei wird es aber nöthig, mit dem linken Auge in  $O'$  zu beobachten, damit nicht der Kopf des Beobachters die von hinten her kommenden Strahlen  $L'$  von dem grossen Spiegel abhält. Statt dessen kann man auch das Instrument umwenden und dann in  $O'$  wieder mit dem rechten Auge (was den meisten Menschen bequemer ist) beobachten.

Nach Fig. 1. ist:

$$\begin{aligned}\alpha' &= 180^\circ - 2\beta' + 180^\circ - 2\gamma' \\ x &= 90^\circ - \beta' + 90^\circ - \gamma' \\ \alpha' &= 2x\end{aligned}$$

Fig. 1. Sextant mit zwei kleinen Spiegeln  $s$  und  $s'$ .



Steht die Alhidade auf  $180^\circ$ , so ist  $x = 90^\circ$  und  $\alpha' = 180^\circ$ , und im Uebrigen wird der Werth von  $\alpha'$  mit der Alhidade an der inneren Bezeichnung des Limbus zwischen  $180^\circ$  und  $120^\circ$  abgelesen.

Da die beiden Theilungen, aussen von  $0^\circ$  bis  $60^\circ$ , und innen von  $120^\circ$  bis  $180^\circ$ , einander entgegen laufen, so muss die Alhidade (deren Ende wir in Fig. 1. als einfachen Zeiger gezeichnet haben), einen doppelten oder einen nach zwei Richtungen brauchbaren Nonius haben.

Es handelt sich nur noch um die Bestimmung des Indexfehlers für den zweiten Spiegel  $s'$ . So lange der erste kleine Spiegel  $s$  gebraucht wird, wird der Index in gewöhnlicher Weise durch Zusammenbringen beider Bilder eines Zielpunktes bestimmt; beim zweiten Spiegel  $s'$  geht dieses aber nicht mehr, weil nur Winkel zwischen  $120^\circ$  und  $180^\circ$  vorkommen. Man kann nun etwa zwei nahezu diametrale Strahlen  $L'$  und  $R'$  aufsuchen, und deren Winkel  $\alpha'$  in zwei Lagen des Instruments beobachten, woraus sich der Index für  $180^\circ$  bestimmen lässt, aber erstens erfordert dieses

abwechselnde Beobachtung mit dem linken und mit dem rechten Auge, wovon wir oben schon gesprochen haben, und zweitens entstehen bei Winkelmessungen von  $180^\circ$  mit Reflexion mancherlei theoretische und praktische Bedenken (auf welche wir später, § 54., näher eingehen werden).

Man kann aber auch den Indexfehler für den zweiten Spiegel von dem ersten Spiegel übertragen, denn einen Winkel von  $120^\circ$  kann man nach beiden Arten messen. Thut man dieses und erhält das erstemal  $120^\circ + w$ , das zweitemal  $120^\circ + w'$ , so ist

$$120^\circ + w - i = 120^\circ + w' - i'$$

wodurch  $i'$  aus  $i$  bestimmt wird.

Verschiedene weitere Angaben über besondere Sextanten-Constructions finden wir in dem „Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner internationalen Ausstellung im Jahre 1876, Braunschweig 1878“ S. 180—183 (Helmert, Instrumente für höhere Geodäsie, Sextanten), woraus wir Folgendes citiren:

Der Doppelsextant besteht aus zwei, sozusagen in zwei Stockwerken übereinander angeordneten Sextanten, welche aber ein Fernrohr gemeinsam haben. Diesem Fernrohr gegenüber stehen zwei kleine (feste) Spiegel übereinander, mit einem Zwischenraum für directe Strahlen (das Objectiv des Fernrohrs muss also ziemlich gross sein, um sowohl den beiden kleinen Spiegeln, als auch dem Zwischenraum zwischen beiden noch Fläche zu bieten). Die beiden kleinen Spiegel machen unter sich den Winkel  $2\beta$ , wenn  $\beta$  der in § 33. behandelte Schärfungswinkel ist. Den beiden übereinander liegenden kleinen Spiegeln entsprechen zwei getrennte grosse Spiegel mit zugehörigen Alhidaden und Theilkreisen.

Man kann mit dieser Einrichtung zwei Winkel gleichzeitig messen (zu pothenotischer Bestimmung), muss aber hiezu die beiden Alhidaden gleichzeitig so bewegen, dass alle drei Bilder im Fernrohr zur Deckung gelangen, was wohl etwas schwierig auszuführen sein wird.

Eine zweite Anwendung des Doppelsextanten besteht darin, dass man nur die beiden doppelt reflectirten Bilder zur Deckung bringt, damit kann man Winkel bis über  $180^\circ$  erhalten, und hat mit Fernrohrrichtung zwischen beiden Zielpunkten eine Handhabung wie beim Prismenkreis (§ 53.).

Eine dritte Anwendung des Doppelsextanten soll endlich darin bestehen, dass man rasch hintereinander zwei Winkel einstellen kann, ohne dazwischen ablesen zu müssen, z. B. Mondstanz und Mondhöhe; Dieses wäre etwa entsprechend der Benutzung von zwei getrennten Sextanten, die nacheinander in Benutzung genommen werden.

Sextanten mit Anschlag-Alhidade gestatten ebenfalls die rasche Messung mehrerer Winkel und nachherige Ablesung, indem man die Anschläge bei der Messung feststellt und nachher zur Ablesung benutzt.

(Weiteres hierüber s. Bericht über d. Ausstellung wissensch. Apparate im South-Kensington-Museum zu London 1876, von Dr. R. Biedermann. London 1877, S. 774, Nr. 4503.)

### § 43. Spiegelvollkreise.

Der Grundgedanke der Winkelmessung mit dem Spiegelsextanten, nämlich Vereinigung zweier Lichtstrahlen durch doppelte Reflexion, ist durchaus nicht an die Sectorform des Limbus geknüpft; die Beschränkung der Theilung auf ein Sechstel oder ein Achtel des Kreisumfanges hat ihren Grund nur in mechanischen Bequemlichkeits-Rücksichten, denn das Instrument wird dadurch leichter, überhaupt handlicher, was bei der Messung ohne festes Stativ sehr wichtig ist. Andererseits gehen dabei viele Vortheile verloren, vor Allem die Eliminirung der Alhidaden-Excentricität durch zwei diametrale Nonien, und die Möglichkeit der Repetitions-messung.

Wir betrachten im Folgenden verschiedene Spiegelkreis-Constructions.

#### I. Spiegel-Repetitionskreis nach Borda, von Lenoir (Fig. 1.).

Dieses im Jahre 1862 — 1863 für unsere Sammlung erworbene Instrument hat auf dem Limbus die Inschrift: „Schwartz, dit Lenoir à Paris (Nr. 135)“ und auf dem Fernrohr: „Steinheil in München (Nr. 1895)“. Der Limbusdurchmesser ist 25 cm, die Theilung sexagesimal, von  $0^{\circ}$  bis  $720^{\circ}$  ( $= 2 \times 360^{\circ}$ ) durchlaufend. Der Hauptvortheil des Vollkreises, die Excentricitäts-Elimination, ist nicht unmittelbar ausgenutzt, denn es ist nur eine einarmige Alhidade  $HK$  mit einem Nonius  $N$  vorhanden; dagegen ist die Einrichtung zur Repetition getroffen, und da man damit im ganzen Kreis herum kommen kann, hat man allerdings einen Ersatz für die unmittelbare Eliminirung der Excentricität.

Die Reflexionswirkung ist ganz dem Sextanten entsprechend (vgl. S. 155 Fig. 1.).  $S$  ist der grosse Spiegel,  $s$  der kleine Spiegel, der zu messende Winkel  $\alpha$  zwischen den Strahlen  $L$  und  $R$  ist  $\alpha = 2\gamma - 2\beta$ , wo  $\gamma$  der Reflexionswinkel am grossen Spiegel und  $\beta$  der Reflexionswinkel am kleinen Spiegel ist. Dieser Winkel  $\beta$  (Schärfungswinkel nach § 33.) ist sehr klein, nämlich nur  $8^{\circ}$ , was sehr günstig ist; (beim Sextanten kann man wegen Raummangels  $\beta$  kaum kleiner als  $14^{\circ}$  machen).

Was nun die Repetitionseinrichtung betrifft, so ist auf dem Limbus, zu dessen Körper auch noch die Ringplatte  $B$  gehört, ein Lineal  $C$  (Grosse Alhidade) drehbar aufgesetzt, welches das Fernrohr  $F$ , den kleinen Spiegel  $s$  und den grob getheilten Halbkreis  $D$  in einem Stück fest verbunden hält. Dieses ganze System  $C, F, s, D$ , welches um den Limbusmittelpunkt drehbar ist, hat Hemmung und Mikrometerwerk bei  $G$ .