

(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° bis 720° ($= 2 \times 360^{\circ}$) 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 α zwischen den Strahlen L und R ist $\alpha = 2\gamma - 2\beta$, wo γ der Reflexionswinkel am grossen Spiegel und β der Reflexionswinkel am kleinen Spiegel ist. Dieser Winkel β (Schärfungswinkel nach § 33.) ist sehr klein, nämlich nur 8° , was sehr günstig ist; (beim Sextanten kann man wegen Raummangels β kaum kleiner als 14° 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 .

zu mehreren Messungen α gemeinsam benutzen, ebenso wie man beim Sextanten eine Indexfehlerbestimmung unter Umständen für längere Messungsreihen beibehält.

Es entspricht aber dem Wesen des Instrumentes als Repetitionskreis, gerade nicht mit einer und derselben Stellung der grossen Alhidade C wiederholte Messungen zu machen, sondern nach jeder Messung auch die grosse Alhidade zu verstellen, um an möglichst verschiedenen Theilen der Kreistheilung herumzukommen. Hat man z. B. (in runden Zahlen) einen Winkel $\alpha = 10^\circ$ durch zwei Ablesungen $a_1 = 138^\circ$ $a_0 = 128^\circ$ bestimmt, so soll man für die nächste Messung $138^\circ = a_0$ machen, und man wird dann $a_2 = 148^\circ$ ablesen, und als zweite Messung $148^\circ - 138^\circ = 10^\circ$ erhalten, gerade so wie man es bei der Theodolitrepetition gewohnt ist. Um nun, nachdem eine erste Messung erledigt ist, die Einstellungen für alle folgenden Messungen rasch zu finden, hat man auf der groben Halbkreistheilung D zwei verschiebbare und feststellbare Anschlagknöpfe E_0 und E angebracht, von denen der eine E_0 für Parallelstellung beider Spiegel (Indexfehler) und der andere E für die Coincidenz beider Strahlen L und R bestimmt ist. Die grobe Halbkreistheilung D , welche von der Mitte nach beiden Seiten bis 160° geht, ist hiezu gar nicht unbedingt nöthig, man stellt etwa E_0 versuchsweise fest, so dass die Spiegel parallel sind, und E ebenfalls durch Versuch, so dass L und R sich decken; dann kann man die Klemmung G beruhigt lösen, und bekommt mit dem Fernrohr nach L zielend bei beliebiger Kreisstellung sofort nahezu eine Indexeinstellung beim Anschlag der kleinen Alhidade an E_0 und nahezu Objecteinstellung beim Anschlag an E . Da ausserdem die Zielpunkte L und R in Hinsicht auf directe Visur und Doppelreflexion vertauscht werden können, so kann hiefür auch E_0 (weiter von H weggeschoben) als Objectanschlag und E als Indexanschlag dienen.

Man kann also mit diesen Einrichtungen einen Winkel beliebig von links nach rechts oder von rechts nach links repetiren, und aus einer Anfangsablesung a_0 und einer Schlussablesung a_n den Winkelwerth $\alpha = \frac{a_n - a_0}{n}$ berechnen, ohne die Zwischenablesungen zu kennen. Indessen werden sich wohl auch hier constante Fehlereinflüsse bemerkbar machen, wie solche bei der Theodolitrepetition gefunden wurden. Steht z. B. die Alhidade H auf der Objectablesung a_1 fest, und man dreht die grosse Alhidade C sammt dem Fernrohr bis zum Anschlag des Knopfes E_0 , so wird man sehr vorsichtig sein müssen, damit dieser Anschlag in mechanischem Sinne nicht zu heftig wird.

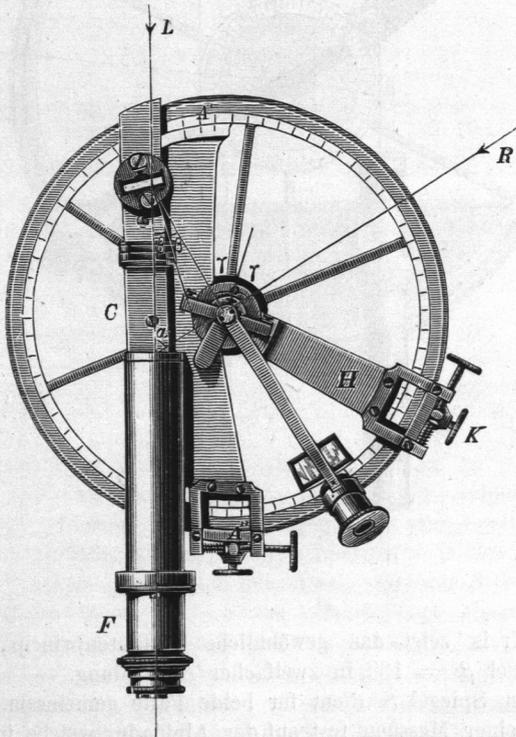
Da man aber gar nicht gezwungen ist, von den Anschlagknöpfen E_0 und E einen die Messung irgendwie beeinflussenden Gebrauch zu machen, und da man auch die Alhidadenexcentricität durch Kreisumstellung um $180''$ eliminiren kann, erscheint das ganze Instrument als eine sehr zweckmässige Construction, von der wir nur bedauern, dass sie (mit doppelarmiger Alhidade H) in neueren Ausführungen von unseren Mechanikern in der Regel nicht mehr geliefert wird.

Die Correctionsvorrichtungen, Blendungen etc. des Borda-Lenoir'schen Kreises (Fig. 1.) sind im Wesentlichen dieselben wie beim Sextanten.

II. Spiegelkreis von Meyerstein (Fig. 2.).

Eine andere Ausführung des Sextantenprinzips mit Vollkreis zeigt Fig. 2. nach einem Instrument unserer Sammlung von M. Meyerstein in Göttingen. Die Construction ist im Wesentlichen dieselbe wie beim Borda'schen Kreise Fig. 1., jedoch hat auch die grosse Alhidade *C* zwei diametral stehende Nonien *A'* und *A''* mit Hemmung und Mikrometer, während bei Borda die grosse Alhidade *C* zwar Hemmung und Mikrometer *G* hat, aber keine Ablesevorrichtung. Andererseits fehlen bei dem Kreise Fig. 2. die Anschlagknöpfe *E*₀ und *E* mit grober Hülfssteilung *D* von Fig. 1. Die Bezifferung des Meyerstein'schen Kreises geht nicht wie bei Borda von 0° bis 720° durch, sondern geht von 2 Nullpunkten, je nach beiden Seiten, also im Ganzen 4mal von 0° bis 180°.

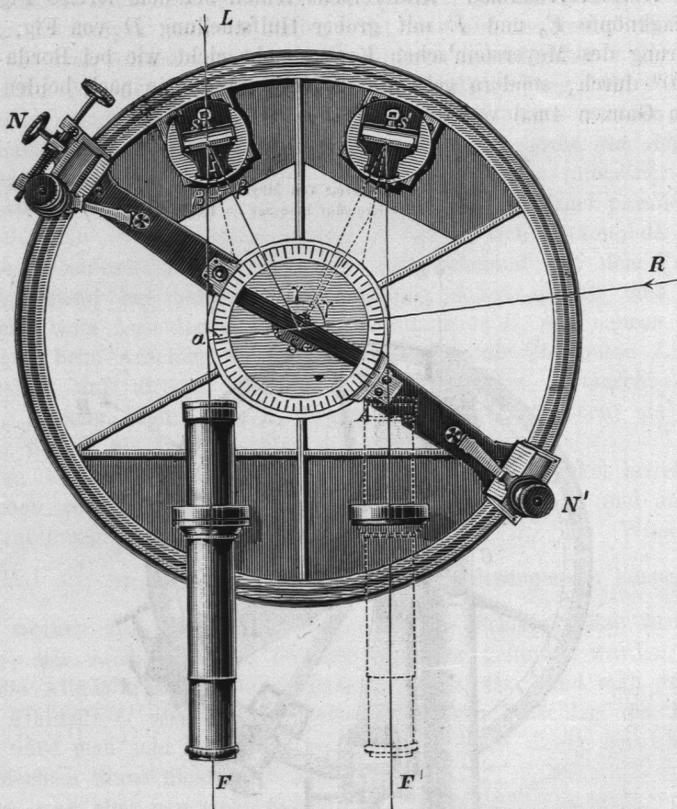
Fig. 2. Spiegelkreis von Meyerstein.
(Maassstab 1 : 2,9 Kreisdurchmesser = 15,5 cm.)



III. Doppelspiegelkreis (Fig. 3.).

Nach verschiedenen Ueberlegungen, die später in § 56. zusammengefasst werden, liess ich, mit Benutzung der Bestandtheile eines älteren von Meyerstein nach Pistor-Martins gefertigten Spiegel-Prismenkreises, den in Fig. 3. dargestellten Doppel-Spiegelkreis herstellen. (Durch Mechaniker Randhagen in Hannover.)

Fig. 3. Doppel-Spiegelkreis.
(Maassstab 1:3,6, Kreisdurchmesser = 25 cm.)



Dieser Kreis zeigt das gewöhnliche Sextantenprincip, mit kleinem Schärfungswinkel $\beta = 13^\circ$ in zweifacher Anwendung.

Der grosse Spiegel S dient für beide Fälle gemeinsam, und befindet sich während einer Messung fest auf der Alhidade, welche in zwei Nonien

NN' endigt. Mit dem links eingeschraubten Fernrohr F und mit dem linken kleinen Spiegel s hat man nun eine gewöhnliche Sextantenreflexion ebenso wie in Fig. 1. S. 155. Da aber noch ein zweiter kleiner Spiegel s' rechts angebracht ist, und auch das Fernrohr in eine zweite Lage F' eingeschraubt werden kann, so haben wir nun noch eine zweite Sextantenreflexion rechts, symmetrisch zur ersten links.

Der grosse Spiegel S , welcher beiden Reflexionssystemen gemeinsam dient, ist in unserer Zeichnung, Fig. 3., ungefähr parallel den Alhidadenarmen NN' gestellt, und in diesem Falle hat die Alhidade für beide Systeme gleichen Spielraum, etwa bis 120° Winkelmessung. Um diesen Spielraum nach der einen oder andern Seite zu vergrössern, oder um überhaupt möglichst verschiedene Stellen des Limbus zur Messung zu benutzen, kann man den grossen Spiegel S auf der Alhidade auch drehen, und in verschiedenen Lagen feststellen, wozu dem Index A gegenüber eine Feststellschraube dient. Der kleine Kreis im Innern, welcher nur roh getheilt ist, dient dazu, verschiedene Stellungen des grossen Spiegels auf der Alhidade zu bezeichnen.

Die Anwendung dieses Instruments mag ein Beispiel zeigen, bei welchem wir zur Vereinfachung nicht die beiden Nonienablesungen N und N' , sondern sofort die Nonienmittel angeben. L sei der linksseitige, R der rechtsseitige Zielpunkt.

I. Fernrohr links.

Deckung beider Bilder L gibt	118° 1' 40"
Deckung L und R	128 30 10
Gemessener Winkel (L, R)	10° 28' 30"

II. Fernrohr rechts.

Deckung beider Bilder R	170° 22' 10"
Deckung L und R	159 55 0
Gemessener Winkel (R, L)	— 10° 27' 10"
Gesamtmittel beider Messungen	10° 27' 50"
Differenz zwischen I und II.	1 20

Die Differenz beider Indexfehlerablesungen $170^\circ 22' 10'' - 118^\circ 1' 40'' = 52^\circ 20' 30''$ ist die doppelte Summe der beiden Schärfungswinkel β und β' der beiden kleinen Spiegel, es ist also $\beta + \beta' = 26^\circ 10'$, und wenn man annehmen dürfte, dass das Instrument in Bezug auf s und s' sowie F und F' genau symmetrisch gebaut sei, wäre nun $\beta' = \beta = 13^\circ 5'$. Jedenfalls muss die Summe $\beta + \beta'$ bei verschiedenen Messungen constant sein, was als Messungsprobe benutzt werden kann.

Wenn der zu messende Winkel α zufällig $= 2\beta$ wird, und das Fernrohr sich links in F befindet, so wird es nöthig, den rechtseitigen kleinen Spiegel s' zu entfernen, weil er für die Reflexion auf dem grossen

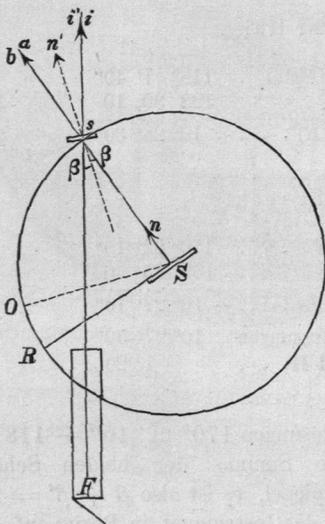
Spiegel ein Hinderniss würde. Es sind daher die beiden Spiegel s und s' in schwalbenschwanzförmigen, genügend langen Führungen zum Wegnehmen und Wiedereinsetzen eingerichtet.

Die obenerwähnte Differenz $1' 20''$ zwischen den Messungen I und II deutet auf einen ersten Vortheil des Doppelspiegelkreises. Abgesehen von unregelmässigen Messungsfehlern enthält diese Differenz jedenfalls den doppelten prismatischen Fehler des grossen Spiegels (§ 38.), welcher im Mittel aus I und II eliminirt wird. Weitere Vortheile der Doppelspiegel-Construction werden in § 56. betrachtet werden.

§ 44. Das dreifach reflectirte Fadenbild.

Die Prüfung und Berichtigung der Reflexionsvollkreise kann nach denselben Methoden gemacht werden, welche wir bereits beim Sextanten in § 31. bis § 34. angegeben haben.

Fig. 1. Das dreifach reflectirte Fadenbild.



Ausserdem besteht aber bei diesen Kreisen noch ein vorzügliches Prüfungsmittel, welches beim gewöhnlichen Sextanten entweder gar nicht, oder nur mit Hindernissen anwendbar ist, nämlich die dreifache Reflexion des Fadenkreuzes (Nouvelle méthode pour déterminer certains constantes du sextant. Note de M. Gruy. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences et belles-lettres, 1881, S. 41 — 44 und Zeitschrift für Instrumentenkunde 1881, S. 310). Das Princip ist sehr einfach: Bringt man den grossen Spiegel S in solche Stellung, dass seine Normale nach der Mitte des kleinen Spiegels gerichtet ist (Fig. 1.), so machen die Lichtstrahlen, welche von dem Fadenkreuz F ausgehen, den Weg $F'sSsF$,

d. h. diese Strahlen kommen auf ihrem eigenen Wege wieder nach F zurück.

Hiezu ist aber nöthig, dass das Fadennetz des Fernrohrs künstlich beleuchtet werde, oder dass man nur mit einem Diopterrohr ohne