



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Vermessungskunde

Jordan, Wilhelm

Stuttgart, 1896

§. 4. Das Heliotrop

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83087](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83087)

Es fanden sich bei einem 11 Meter hohen Pfeiler auf der Station Karbow, welcher äusserst haltbar aus vierkantig beschlagenen Balken konstruiert, und vom Standpunkt des Beobachters völlig unabhängig gestellt im Juli 1857 erbaut worden war, bei der Beobachtung im Juni 1858 starke Drehungen, die einen ziemlich regelmässigen Tagesverlauf zeigten, Morgens $-2'$, Mittags $0'$, Abends $+2'$. (Astr. Nachr. 1492, S. 56.)

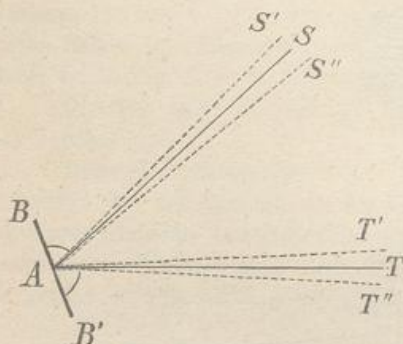
Das Drehen der Beobachtungs-Pfeiler wirkt offenbar am schlimmsten, wenn man lange Sätze nimmt; durch Hingang und Rückgang wird das Drehen zum Teil unschädlich gemacht. Am besten ist es in dieser Hinsicht, immer nur *zwei* Zielpunkte in einen Satz zusammen zu nehmen, d. h. reine „Winkel“-Messungen zu machen.

§ 4. Das Heliotrop.

Während bei kürzeren Entfernungen die Zielpunkte durch Baken mit Fahnen, durch kleine Pyramiden, durch Zieltafeln u. dgl. genügend bezeichnet werden können, ist bei grösseren Entfernungen die Sichtbarmachung der Dreieckspunkte oft eine sehr schwierige Sache. Früher dienten bei grossen Entfernungen hauptsächlich Kirchtürme und besonders erbaute grosse hölzerne Pyramiden als Zielpunkte. In Frankreich und England wurden auch künstliche Lichtsignale bei Nacht als Zielpunkte genommen (auf welche man neuerdings wieder teilweise zurückkommt).

Im Jahr 1821 hat *Gauss* das *Heliotrop* erfunden, welches seit jener Zeit hauptsächlich zur Anzielung von Hauptdreieckspunkten benützt worden ist.

Fig. 1.
Wirkungsweise des Heliotrops.



Die Wirkungsweise des Heliotrops ist einfach zu erklären (Fig. 1.). Wenn von einem Punkte A (Heliotrop) nach einem entfernten Punkte T (Theodolit) ein Signal gegeben werden soll, so stellt man in A einen ebenen Spiegel B B' so auf, dass durch ihn die Sonnenstrahlen S A nach T geworfen werden. Dieses ist bekanntlich nach dem Reflexionsgesetze der Fall, wenn die Ebene des Spiegels rechtwinklig ist auf der Ebene S A T und wenn die Winkel S A B und T A B' einander gleich sind.

Da die Sonne einen scheinbaren Durchmesser $S' A S''$ von etwa $\frac{1}{2}^\circ$ hat, so sendet der Heliotropenspiegel B B' einen Lichtkegel $T' A T''$ von ebenfalls etwa $\frac{1}{2}^\circ$ Öffnung aus, und ein entfernter Punkt T bekommt Licht, wenn er nur wenigstens innerhalb dieses Strahlenkegels fällt, ohne gerade von der Axe A T des Kegels getroffen zu werden.

Dieser Umstand ist für die Anwendung des Heliotrops in zweifacher Beziehung günstig; erstens ist infolge hievon bei der Einstellung des Instruments keine grosse Genauigkeit erforderlich, und zweitens kann eine Einstellung während der Dauer von nahezu 1 Minute beibehalten werden, obgleich sich während dieser Zeit die Sonne um einen merkbaren Bogen bewegt. (1 Zeitminute entspricht einer Sonnenbewegung von $15'$). Das fortgesetzte Einstellen des Heliotrops, entsprechend der Sonnenbewegung, kann zwar durch mechanische Mittel (Heliostat) erzielt werden, doch hat man bei

Triangulierungen bis jetzt im allgemeinen das fortgesetzte Richten durch einen Gehilfen vorgezogen, weil ein solcher Gehilfe zur Bedienung des Instruments aus anderen Gründen ohnehin notwendig ist.

Nach dieser allgemeinen Darlegung wollen wir auf die Beschreibung verschiedener Heliotrope im einzelnen eingehen, und zwar wollen wir, aus geschichtlicher Rücksicht mit einem Werkzeuge beginnen, welches jetzt kaum noch gebraucht wird:

I. Das Sextanten-Heliotrop von Gauss („Vice-Heliotrop“).

Dasselbe wird zuerst von Gauss in einem Briefe an Schumacher in den astr. Nachr. 1. Band, S. 106 (Februar 1822) kurz erwähnt. Weiteres hierüber geben die Mitteilungen von Hauptmann Gäde in der „Zeitschr. f. Verm.“ 1885, S. 125.

Hiernach fiel die Erfindung des Sextanten-Heliotrops in die Zeit der Ausführung des eigentlichen Gauss'schen (Spiegelkreuz-) Heliotrops, das wir nachher (S. 34–35) beschreiben.

Gauss schreibt (vgl. „Zeitschr. f. Verm.“ 1885, S. 125): „Noch vor dessen (des eigentlichen Heliotrops) Vollendung war ich auf die Idee gekommen, einen blossen Spiegelsextanten zu einer Art Vice-Heliotrop einzurichten, freilich viel unvollkommener, als jenes Instrument selbst, aber doch bei geschickter Behandlung gleichfalls brauchbar.“

Fig. 2. Sextant.

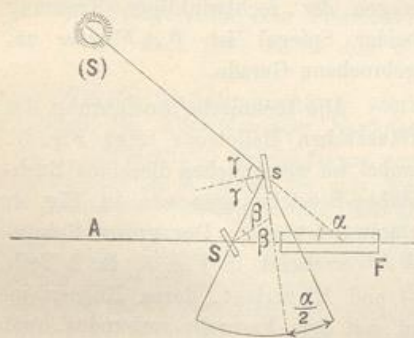
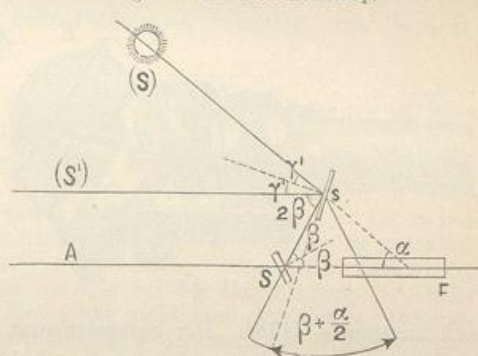


Fig. 3. Sextanten-Heliotrop.



Die Theorie dieses „Vice-Heliotrops“ erklärt sich an Fig. 2. und Fig. 3., bei welchen wir die Sextantentheorie selbst als bekannt voraussetzen (vgl. Jordan, Grundzüge der astronomischen Zeit- und Orts-Bestimmung, Berlin 1885, S. 155 und S. 175).

In Fig. 2. ist (S) die Sonne und A der Zielpunkt, welcher Licht erhalten soll, Fig. 2. zeigt also diejenige Sextantenstellung, welche zur Messung des Winkels α zwischen A und (S) erforderlich ist. Der Sextant wird hierbei auf einem festen Stativ gebraucht, und nachdem die Einstellung Fig. 2. gemacht ist, wird die Alhidade um den doppelten Schärfungswinkel, d. h. um 2β vorwärts gedreht (Fig. 3.), worauf man erwarten darf, dass das am grossen Spiegel S reflektierte Sonnenbild (S') nun in die Richtung (S') parallel SA geworfen wird.

Um dieses nach Fig. 2. und Fig. 3. einzusehen, hat man sich des allgemeinen Sextanten-Reflexions-Gesetzes zu erinnern, dass eine Spiegeldrehung (oder Alhidaden-drehung) um den Winkel β an dem reflektierten Strahl sS, bzw. s(S) eine Drehung um den doppelten Betrag von β , also um 2β , erzeugt, oder es wird in Fig. 3. der Winkel $Ss(S') = 2\beta$, wie auch daselbst eingeschrieben ist, und damit wird s(S') parallel FA, was man haben will.

II. Das Spiegelkreuz-Heliotrop von Gauss.

Dieses ist das Instrument, welches von Gauss im Jahr 1821 erfunden wurde. Eine Beschreibung desselben wurde von Gauss im 5. Bande der astr. Nachrichten, S. 329–334 (Februar 1827) nebst Zeichnungen gegeben.

Fig. 4.
Grundsatz des Gauss'schen Heliotrops.

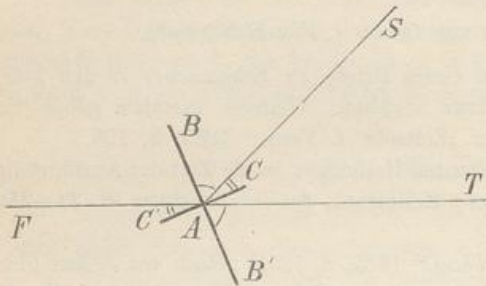
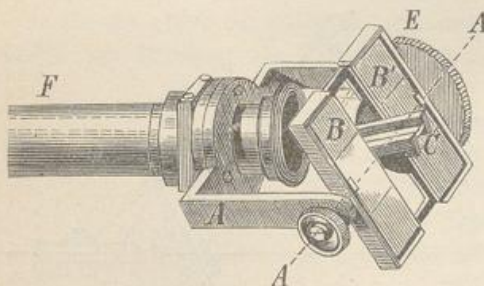


Fig. 5.
Ansicht des Gauss'schen Heliotrops.
(Massstab etwa 1 : 3).



In Fig. 4. haben wir den Grundsatz und in Fig. 5. die äussere Ansicht des Gauss'schen Heliotrops. Wir haben zwei ebene, rechtwinklig gekreuzte Spiegel BB' und CC' , welche vor einem Fernrohr F so angebracht sind, dass die gemeinsame Spiegelaxe AA' rechtwinklig zur Fernrohraxe ist, und sich in Fig. 4. als ein Punkt A zeigt. Ein von der Sonne S herkommender Lichtstrahl SA wird nun von dem einen grösseren Spiegel BB' vorwärts nach T reflektiert, und von dem zweiten kleineren Spiegel CC' rückwärts nach F in das Fernrohr; und wegen der rechtwinkligen Kreuzung beider Spiegel ist TAF eine ungebogene Gerade.

Die technische Ausführung des Gauss'schen Heliotrops zeigt Fig. 5., wobei im wesentlichen dieselben Buchstaben-Bezeichnungen wie in Fig. 4. angewendet sind. Der grosse Spiegel BB' erscheint in Fig. 5. in 2 Teile B und B' zerlegt, deren Ebenen jedoch zusammen fallen. Der Spiegelapparat wird mit dem Fernrohr verbunden, und das Fernrohr muss dann um seine Axe drehbar sein.

Die Anwendung besteht in Folgendem: Man richtet das Fernrohr für sich allein nach dem entfernten Punkt T , welcher Licht erhalten soll, und zwar hat man hiebei den kleinen Spiegel C parallel der Fernrohraxe zu stellen, so dass er zwar einen Teil des Objectivs verdeckt, aber immer noch genügend Licht auf dasselbe fallen lässt. Von da an bleibt das Fernrohr in seiner Richtung unverändert, und es wird vor das Okular desselben eine Sonnenblende vorgeschoben. Nun stellt man zuerst die Spiegelaxe AA' rechtwinklig zu der Ebene SAT von Fig. 4., und zwar beurteilt man dieses darnach, dass eine Scheibe E (Fig. 5.), welche auf der Axe AA' rechtwinklig aufgesteckt ist, keinen Flächenschatten wirft, sondern im Sonnenschatten als Linie erscheint. Sobald nämlich eine zu AA' rechtwinklige Ebene keinen Schatten mehr wirft, kann man durch Drehen der Spiegel um die Axe AA' ein Sonnenbild im Fernrohr zum Vorschein bringen, und das Heliotrop ist dann gerichtet.

Was die Prüfung und Berichtigung des Apparates betrifft, so hat Gauss selbst im 5. Band d. astr. Nachr. S. 329–334 dieselbe sehr ausführlich behandelt und zwar mit Unterscheidung von folgenden 8 Forderungen:

1. 2. Die Absehlinie des Fernrohrs soll mit der Drehaxe des Fernrohrs zusammenfallen (oder wenn das Fernrohr fest und der Spiegelapparat um das Fernrohr drehbar ist, soll die Absehlinie des Fernrohrs mit der Drehaxe des Spiegelapparats zusammenfallen).
3. Die Drehaxe AA' (Fig. 5.) der Spiegel soll rechtwinklig zur Fernrohraxe sein.
4. 5. 6. Die Ebenen der Spiegel sollen parallel dieser Drehaxe AA' sein.
7. Die beiden Bestandteile B und B' (Fig. 5.) des grossen Spiegels sollen parallel sein.
8. Die Ebene des grossen Spiegels und die Ebene des kleinen Spiegels sollen rechtwinklig zu einander sein.

Die Ausführung wird so gemacht:

1. 2. Centrierung des Fernrohrs wie bei einem Nivellier-Instrument.
3. AA' rechtwinklig zur Fernrohr-Axe, wird von Gauss mit Hilfe einer angehängten Libelle gemacht, worauf wir hier nicht weiter eingehen.
4. 5. 6. 7. Kann nötigenfalls rein äusserlich, durch angelegte Lineale und rechte Winkel untersucht werden.
8. Die Hauptforderung, ob die beiden Spiegel gegenseitig rechtwinklig sind, kann man dadurch erfüllen, dass man die beiden Spiegel zusammen wie ein Spiegelkreuz oder Prismenkreuz beim Feldmessen behandelt (vgl. Band II. 4. Aufl. 1895, S. 35 und S. 38).

Zu der Heliotrop-Prüfung schrieb Mechaniker Meyerstein im Januar 1876 im 87. Band, Nr. 2080, der astr. Nachrichten folgendes:

„Die Methode, welche Gauss zur Berichtigung des für die Geodäsie so wichtigen Instrumentes im 5. Bande der astr. Nachr. angegeben hat, lässt bekanntlich im Resultate nichts zu wünschen übrig. Soll aber dieses Resultat erzielt werden, so ist es nur durch eine so grosse Sorgfalt möglich, mit welcher Gauss diese Berichtigung vornahm, welche aber einen sehr bedeutenden Zeitaufwand erfordert. Diese letzte Bemerkung hat der selige Gauss mir gegenüber, indem ich ihm bei der Berichtigung der Heliotrope sehr häufig assistierte, oft gemacht.“ Meyerstein giebt dann eine andere Prüfungsmethode mit einem Hilfsfernrohr, das, mit beleuchtetem Fadenkreuz, auf das Heliotropen-Fernrohr eingerichtet wird.

Es ist hiezu auch über einige Bemerkungen zu berichten, welche von Helmert in dem Berichte über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner internationalen Ausstellung 1876, Berlin 1878, S. 165 ff. zu dem Gauss'schen und zu anderen Heliotropen gemacht hat. Für das Gauss'sche Heliotrop findet Helmert den Einstellfehler $\Delta = 2\sqrt{f^2 + \delta^2}$, wenn f die Neigung der Spiegelaxe in der Ebene der Fernrohraxe und δ der Fehler in der Rechtwinkligkeit der beiden Spiegel ist; es wirkt also auch f als Grösse erster Ordnung.

Da das Gauss'sche Heliotrop nur noch historisches Interesse hat, und in der Anwendung namentlich durch das Bertram'sche Heliotrop ersetzt ist (s. u. S. 37 und 38) schliessen wir damit ab.

III. Das Heliotrop von Steinheil.

Auch dieses, zuerst in Schumachers astr. Jahrbuch 1844, S. 13 beschriebene Instrumentchen ist praktisch kaum von Bedeutung, doch lohnt die sinnreiche Einrichtung wohl eine kurze Beschreibung:

Der Spiegel BB' hat in der Mitte bei A eine unbelegte Stelle, so dass die von S herkommenden Sonnenstrahlen durchgehen, und auf eine hinter dem Spiegel

angebrachte Sammellinse L fallen können. Diese Linse L erzeugt ein Sonnenbild in C , welches durch eine matte Fläche aufgefangen wird. Das Sonnenbild in C sendet seinerseits wieder Strahlen zurück nach der Linse L , welche von da wieder parallel austreten, auf die unbelegte Rückseite des Spiegels in A fallen, und nach O zurückgeworfen werden. Infolgedessen sieht das Auge O ein mattes Sonnenbild in der Richtung AT . Die nach O gelangenden Sonnenstrahlen machen hiernach folgenden Weg: $SALC$, dann zurück CLA und reflektiert nach O .

Fig. 6.
Grundsatz des Steinheilschen Heliotrops,
 S = Sonne, T = Zielpunkt.

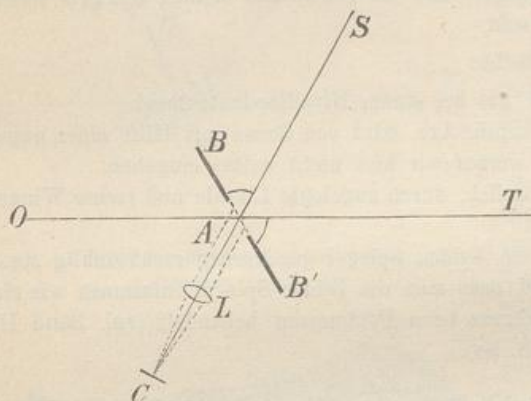
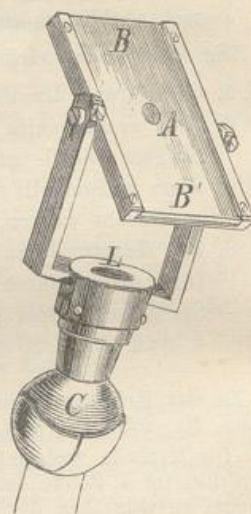


Fig. 7.
Ansicht des Steinheilschen Heliotrops.
(Maßstab ungefähr 1:2.)



Andererseits werden die von S auf den belegten Teil der Spiegelfläche BB' fallenden Strahlen in der Richtung AT vorwärts reflektiert, und daraus giebt sich folgende Anwendung:

Das Instrument wird unter Benützung eines Gelenkes bei C Fig. 7. so gestellt, dass die Linse L durch die unbelegte Stelle bei A Sonnenlicht erhält. Dann zielt das Auge O hinter dem Spiegel durch die Öffnung A nach dem Zielpunkt T , welcher Licht erhalten soll, und der Spiegel wird teils im Kugelgelenk C , teils um seine durch A gehende Axe so gedreht, dass in der Richtung AT das oben erwähnte matte Sonnenbild erscheint.

IV. Das Heliotrop von Bertram.

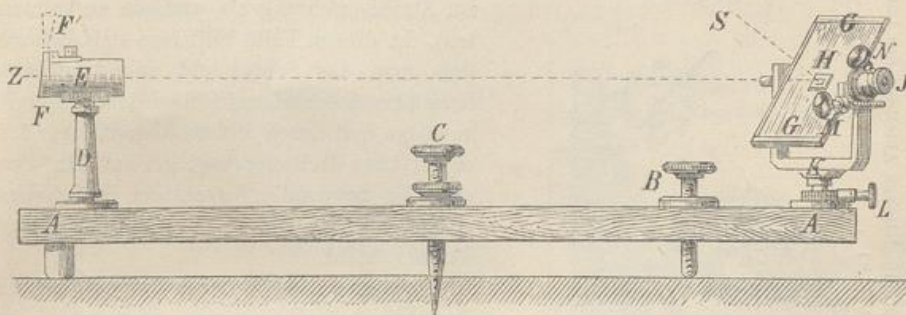
Diese einfache Vorrichtung, welche keine Prüfung und Berichtigung braucht, und ohne Fernrohr von jedem Gehilfen bedient werden kann, ist zur Zeit die am meisten gebrauchte.

Das Instrument wird zuerst von Bessel in der „Gradmessung in Ostpreussen“ S. 65 erwähnt mit den Worten: „Die benützten Heliotrope waren teils von der Einrichtung, welche der Erfinder (Gauss) dieser unschätzbaren Methode ihnen gegeben hat, teils waren sie von einer sehr leicht ausführbaren Konstruktion, welche von Herrn Ingenieur-Geographen Bertram herrührt.“ Die erste Beschreibung und Zeichnung dieses Bertramschen Heliotrops findet sich in General Baeyers „Küstenvermessung“ S. 52

bis 53 und Tafel III. (Über den Urheber der Erfindung wurde eine Erörterung geführt von Nagel bzw. Baeyer, „Zeitschr. f. Verm.“ 1878, S. 34 und von Bertram selbst S. 193.)

Wir geben im Nachfolgenden zwei Zeichnungen des Bertramschen Heliotrops.

Fig. 8.
Bertramsches Heliotrop, ältere Anordnung.
Massstab 1:5.



Die Konstruktion des Bertramschen Heliotrops beruht auf dem einfachen Grundgedanken, dass ein entfernter Punkt Z dann Licht durch einen Spiegel H erhält, wenn ein Zwischenpunkt E , welcher sich auf der Ziellinie HZ befindet, von der Lichtlinie getroffen wird.

In Fig. 8. ist GG der Spiegel, welcher, wie immer, so gestellt wird, dass seine Ebene rechtwinklig ist auf der Leuchtebene SHZ , wobei S die Sonne, H die Spiegelmitte und Z der entfernte Punkt ist, welcher Licht erhalten soll, und dass die Strahlen SH und HZ gleiche Winkel mit der Spiegelebene machen.

Der Spiegel GG hat in der Mitte ein kleines Loch H , welches zwei Zwecken dient, wie wir nachher sehen werden.

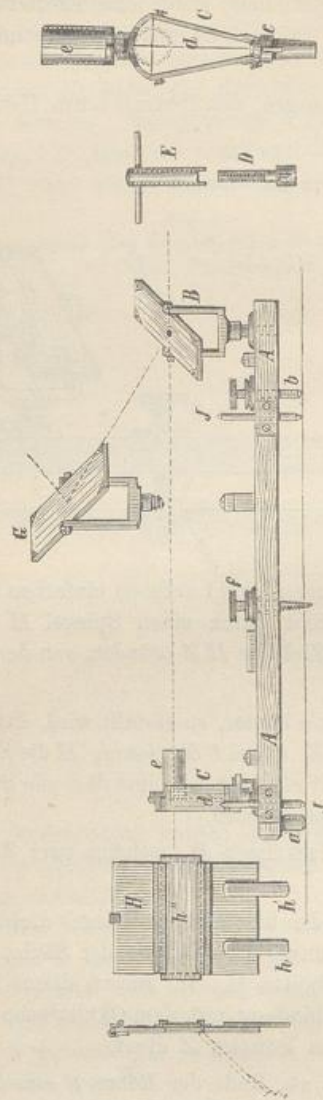
Der Holzrahmen AA , auf welchem rechts der beschriebene Spiegel drehbar angebracht ist, trägt auf der anderen Seite links, durch Vermittlung der Säule D , ein kleines Rohr E in gleicher Höhe mit der Spiegelmitte H . Im Innern dieses Rohres ist ein Fadenzug E angebracht, welches in Verbindung mit dem Okularloche H des Spiegels als Diopter zum Anzielen eines entfernten Punktes Z dient.

Nachdem dieses geschehen ist, wird links am Ende der Röhre E eine Klappe F , welche vorher geöffnet (in der Lage F') war, vor die Öffnung gebracht, und nun muss der Spiegel G so gestellt werden, dass sein Licht auf die Innenseite der genannten Klappe F fällt, und genauer noch so, dass die Klappe im allgemeinen hell ist, in der Mitte aber einen dunkeln Fleck zeigt, herrührend von dem nicht reflektierenden Loche H in der Spiegelmitte.

Das Loch H in der Spiegelmitte dient also zwei verschiedenen Zwecken: erstens ist es Okular beim Zielen längs der Geraden HE , und zweitens dient es zur Bezeichnung der Lichtmitte. Die Bewegung des Spiegels wird in horizontalem und vertikalem Sinn bei K, L, M, N gehandhabt.

Die zwei Schrauben C und B dienen zum Centrieren und zum Einstellen nach der Höhe. (Ältere Konstruktion Fig. 8.)

Fig. 9.
Bertramsches Heliotrop, nach Anordnung der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme.
(Maßstab 1:8.)



Hilfsspiegel (G Fig. 9.).

Wenn die Sonnenstrahlen sehr schief auf einen Heliotropenspiegel auffallen, welcher nach dem entfernten Punkte Licht senden soll, so wird dieses Licht sehr schwach (es ist überhaupt immer nur die Projektion der Spiegelfläche auf eine Ebene rechtwinklig zur Strahlenrichtung als wirksam zu betrachten). In diesem Falle hilft man sich dadurch, dass man das Sonnenlicht zuerst mittelst eines günstig gestellten Hilfsspiegels (G Fig. 9.) auffängt und durch dessen Vermittlung dem eigentlichen Heliotropenspiegel zuführt. Dasselbe ist notwendig, wenn der Heliotropenspiegel im Schatten, z. B. im Innern eines Turmes, steht.

Fig. 9. giebt eine Darstellung des Bertramschen Heliotropes in *neuerer* Anordnung, wie sie zur Zeit bei der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme im Gebrauch ist.

- A Holzrahmen, 52^{cm} lang, 10^{cm} breit,
- B Leuchtspiegel, 8,2^{cm} lang, 8,2^{cm} breit,
- G Hilfsspiegel bei ungünstiger Sonnenstellung u. s. w., s. o.),
- H Vorsteck-Rahmen für das grüne Glas *h'* (selten gebraucht, vgl. Gitterblenden S. 40),
- C Objektivdioptr mit Fadenkreuz *d* und Leuchtröhre *e* (in der Nebenfigur rechts ist *e* aufgeschlagen),
- f Axenschraube zum unmittelbaren Centrieren über Holz,
- b. Höhenstellschraube,
- D Leuchtaxe mit Schlüssel *E* zum schärferen Centrieren statt *f* (unterhalb *D* kommt die hier nicht mehr dargestellte „Leuchtschraube“).

V. Das Heliotrop von Reitz.

Dieses ist im wesentlichen auf dasselbe Prinzip gegründet wie das Bertramsche, es wird aber im Gegensatz zu letzterem in Verbindung mit einem Fernrohr gebraucht.

Das Instrument besteht im wesentlichen in einer Verbindung von zwei Spiegeln mit einem Fernrohre. Der grosse Spiegel *A* lässt sich in jede beliebige Lage bringen und reflektiert das Sonnenlicht nach dem entfernten Zielpunkt. Bei *a* ist die Folie des Spiegels *A* abgenommen, der kleine Spiegel *B* ist rechtwinklig zur Fernrohraxe, *b* und *c* sind die Richteschrauben zur Erzielung dieser rechtwinkligen Lage.

In Fig. 11. (s. S. 39) sind die beiden Spiegel *A* und *B* gezeichnet nebst dem Ring *R*, welcher durch Vermittlung von 3 Schrauben *S*₁ *S*₂ *S*₃ zur Befestigung des

Apparates an der Objektivfassung eines Fernrohrs dient. Der grosse Spiegel *A* ist in Fig. 11. parallel der Fernrohraxe gestellt (wie er beim Gebrauch nicht steht).

Fig. 10.
Grundsatz des Reitz'schen Heliotrops.

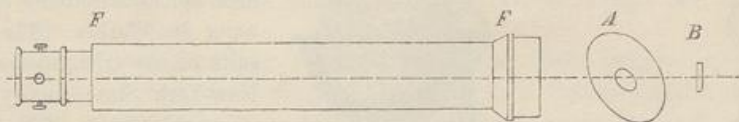
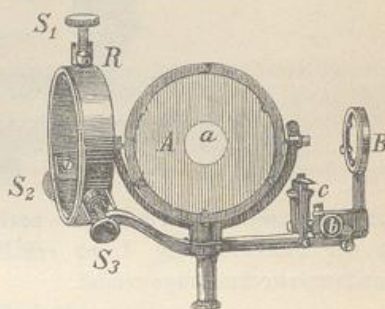


Fig. 11.
Ansicht des Reitz'schen Heliotrops.



Ein zu Anfang angezielter, also in der Fernrohraxe liegender Punkt erhält Licht von dem grossen Spiegel *A*, wenn im Fernrohr (nach Verschieben eines Blendglases) ein Sonnenbild gesehen wird, das durch den kleinen Spiegel *B* ins Fernrohr zurückgeworfen wird. Die Sonnenstrahlen, welche nach dem entfernten Punkt gesendet werden, machen also den Weg von der Sonne zum grossen Spiegel *A*, und von da an dem kleinen Spiegel *B* vorbei zu dem Zielpunkt; ein Teil der Strahlen aber, welche von dem grossen Spiegel *A* ausgehen, trifft den kleinen Spiegel *B*, und wird von diesem zurück ins Fernrohr gebracht.

Wenn der Apparat richtig wirken soll, so muss die Ebene des kleinen Spiegels *B* rechtwinklig zur Fernrohraxe sein. Zur Prüfung und Berichtigung giebt Reitz folgendes Verfahren an:

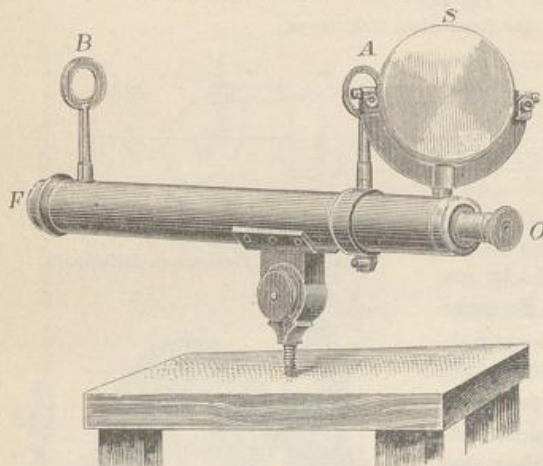
Man richtet das Fernrohr auf einen nahen (etwa 10^m entfernten) Gegenstand, und dreht den grossen Spiegel *A* so, dass das Sonnenbild sichtbarlich auf denselben Gegenstand fällt. Man stellt dann das Okular auf unendliche Entfernung ein. Sieht man nun, nachdem ein Sonnenglas vorgeschoben, in das Fernrohr, so lässt sich durch Drehung der Richteschrauben *b* und *c* das Sonnenbild, welches von *B* reflektiert wird, in das Gesichtsfeld des Fernrohres bringen. Geschieht dies, so sieht man zugleich im Gesichtsfelde auch das von *B* reflektierte Spiegelbild des Fadenkreuzes, welches nun durch die Schrauben *b* und *c* zur Deckung mit dem Fadenkreuz selbst gebracht wird.

Die Thatsache, dass man am Fadenkreuz des Fernrohrs ein Bild dieses Fadenkreuzes selbst wahrnimmt, erklärt sich dadurch, dass bei der Einstellung des Fernrohrs auf Unendlich, die vom Fadenkreuz nach dem Objektiv gehenden Strahlen nach der Brechung parallel austreten, und nach der Reflexion durch den kleinen Spiegel *B* auf ihrem eigenen Wege wieder zurückkehren. Zugleich wird durch eben diesen kleinen Spiegel *B* so viel Licht auf das Fadenkreuz geworfen, dass die beschriebene Bild-erzeugung überhaupt wahrnehmbar wird.

Ein ähnliches Instrument wurde von Reitz beschrieben in der „Zeitschr. f. Instrumentenkunde“, 1881, S. 338–340. In derselben Zeitschrift 1883, S. 265–268 giebt Reitz auch die Beschreibung und Zeichnung eines „Periheliotrops“, welches rings umher zeitweise jedem Punkte des Horizontes einen Blitz reflektierten Sonnenlichtes zusendet.

VI. Amerikanisches Heliotrop.

Fig. 12.
Amerikanisches Heliotrop.



Zum Schluss geben wir noch in Fig. 12. die Zeichnung eines amerikanischen Heliotrops nach der Beschreibung und Zeichnung des Werkes: „The final results of the triangulation of the New-York State survey u. s. w. Albany 1887“ S. 127.

Wie Fig. 12. zeigt, besteht das Instrument aus einem Fernrohr OF mit aufgesetztem Spiegel S und 2 Ringen A und B . Der Spiegel soll sein Licht in der Axe der beiden Ringe fortsenden und dabei muss der Schatten des Ringes A den Ring B decken.

Ob das Ganze richtig wirkt, wird untersucht durch Leuchten nach einem *nahen* Zielpunkte, indem beobachtet wird, ob der Punkt richtig Licht erhält. Dieses Instrument wird namentlich zu Erkundungszwecken angewendet.

Heliotropen-Telegraphie.

Durch Auf- und Zudecken des Spiegels und Verabredung der Aufeinanderfolge der dadurch erzeugten Lichtblitze wird eine einfache Telegraphie erzielt, welche zur Verständigung zwischen dem Winkelbeobachter und dem Heliotropisten sehr wichtig ist.

Regulierung der Lichtstärke.

Da das Heliotropenlicht unter verschiedenen Umständen sehr *verschieden* stark ist, muss man ein Mittel haben, nach Bedarf das Licht zu verstärken oder namentlich zu schwächen. Die Verstärkung des Lichtes kann durch Anwendung eines grösseren Spiegels oder durch günstigere Stellung eines Hilfsspiegels erzielt werden. Die Verkleinerung des Lichtes machte man früher auch am Heliotrope selbst durch teilweises Decken des Spiegels, oder durch Vorsetzen farbiger Gläser u. s. w. Das hat aber namentlich den Übelstand, dass die Lichtänderung vom Theodolite aus umständlich durch Heliotropen-Telegraphie befohlen werden muss.

In neuerer Zeit ist ein viel einfacheres und besseres Mittel der Lichtschwächung im Gebrauch, welches am Theodolit selbst gehandhabt wird, nämlich das Vorsetzen von *Gitterblenden*, bestehend aus mehreren Lagen eines losen Gewebes, wie Flortuch, Musselin u. s. w. (farbige Gläser dürfen vor dem Theodolit nicht angewendet werden wegen der Gefahr der Lichtablenkung). Professor Bruns berichtet hierüber in der „Zeitschr. f. Instrumentenkunde“ 1883, S. 308 mit der Bemerkung, dass dieses Mittel schon vor einem halben Jahrhundert in der astronomischen Praxis Anwendung gefunden hat.

Dauer der Heliotrop-Lichter.

Die Winkelmessung nach Heliotrop-Lichtern ist nur während eines beschränkten Teiles eines Tages möglich, etwa von 3 Uhr Nachmittags bis Sonnen-Untergang, ausnahmsweise auch unmittelbar nach Sonnen-Aufgang. Vormittags und unmittelbar nach Mittag ist die Messung auf weite Entfernung nicht möglich wegen des Schwirrens und der Unruhe der Bilder.

Da auch in der günstigen Tageszeit noch viele Zeit verloren geht wegen mangelnden Sonnenscheins, so ist die Winkelmessung nach Heliotrop-Licht eine langwierige Arbeit. Nach einer von der Landesaufnahme angestellten Vergleichung („Zeitschr. f. Verm.“ 1879, S. 111) ist die mittlere Leistung für 1 Tag und 1 Instrument nur etwa zwischen 12 und 17 Einstellungen (in je zwei Lagen).

Nacht-Beobachtungen.

Man ist in neuerer Zeit wieder teilweise von der Signalisierung durch Heliotrope zur Anwendung nächtlicher Lampensignale zurückgekommen. Im Generalbericht d. Eur. Gr. f. 1875, S. 140–150 wird von Perrier eine „Etude comparative des observations de jour et de nuit“ mitgeteilt, welche den Nacht-Beobachtungen den Vorzug giebt.

Die elektrische Nacht-Signalisierung zwischen Spanien und Algier haben wir bereits auf Seite 22–23 erwähnt.

Eine Abhandlung: „Die Winkelmessungen bei Tage und bei Nacht“ von W. Werner ist in der „Zeitschr. für Instrumentenkunde“ 1883, S. 225–237 erschienen.

§. 5. Anordnung der Winkelmessung.

Die Winkelmessung, das wichtigste Element der Triangulierung, ist in ihrer Anordnung durch zwei wesentlich verschiedene Umstände bedingt, erstens durch die mechanischen und optischen Verhältnisse des Messens selbst, und zweitens durch die Ausgleichung.

In geschichtlicher Beziehung hat sich die Winkelmessung für Triangulierung etwa so entwickelt:

Schon vor der Anwendung des Fernrohrs konnte man an geteilten Kreisen von grossem Halbmesser Winkel auf etwa 1' genau messen (*Snellius* 1615, vgl. unsere Einleitung S. 5), bald stieg die Genauigkeit so, dass man einzelne Sekunden in Rechnung nahm.

Das im vorigen Jahrhundert von *Tobias Mayer* in Göttingen erfundene und von den Franzosen weiter entwickelte Verfahren der Repetitions-Messung mit Nonienablesung galt bis zur Mitte dieses Jahrhunderts im allgemeinen als das beste und die Genauigkeit stieg auf 1".

Das Wesentlichste über Repetitions-Messung haben wir schon in unserem II. Bande „Handb. d. Verm.“ 4. Aufl. 1893 § 72 mitgeteilt, zugleich sei über die hannoverschen Repetitions-Messungen von *Gauss* verwiesen auf Gäde, „Zeitschr. f. Verm.“ 1885, S. 121 und 205 und „Zeitschr. f. Verm.“ 1882, S. 431. Über den älteren „cercle répétiteur“, vgl. *Jordan*, Grundzüge der astr. Zeit- und Ortsbestimmung, Berlin 1885, S. 219 und S. 206. Eine neuere gründliche Arbeit hiezu ist: Über das Mitschleppen des Limbus und verwandte Fehler bei Repetitionstheodoliten, von *Friebe*, „Zeitschr. f. Verm.“ 1894, S. 333–348.

Struve und *Bessel* gingen etwa 1820–1830 zur „Richtungs-Messung“ über, welche später mit Mikroskop-Ablesung (etwa seit 1840, vgl. Küsten-Vermessung S. 51) weiteste Verbreitung fand. Man nahm möglichst viele Sichten in einen Satz zusammen