

Ueber
das Fernrohr.

Von

PROF. DR. J. RUMPF.

Vortrag, gehalten am 13. November 1878.

Nie hat der Geist des Menschen mehr gegläntzt,
Als da er unbekante Welten mass,
Da er in jenen Höhen, unbegrenzt,
So wie in einem off'nen Buche las;
Den Himmel hat er zu sich hergezogen,
Den Schleier sich gelüftet von den Fernen,
Und wenn sein Geist ihm überall gelogen,
Dort fand er ew'ge Wahrheit in den Sternen.

I. F. Castelli.

Ich glaube wol kaum besser als mit diesen Worten Castelli's meinen Vortrag über ein Instrument einleiten zu können, das gewissermassen ein Gegenstück bildet zu jenem, welches ich vor zwei Jahren hier an derselben Stelle zu erklären versuchte, und womit der Mensch die „Welt im Kleinen“ in ihren Geheimnissen zu erforschen und zu belauschen vermag.

Auch die „Welt im Grossen“ bliebe unserem schwachen Auge vielfach unbemerkt und von uns unerkant, wenn nicht das Fernrohr (griechisch „Teleskop“¹⁾ genannt) uns dieselbe gleichsam näher brächte. Denn so wie das Auge ein allzukleines Object trotz dessen Nähe nicht mehr deutlich oder gar nicht wahrnimmt, so erreicht seine Sehkraft auch das grosse nicht mehr, wenn es allzu ferne ist. In jenem Falle hilft das „Mikroskop“, in diesem soll das Fernrohr helfen, und so sind Mikroskop und Teleskop des Auges scharfe Waffen.

¹⁾ von „*tēle*“ = in die Ferne, und „*skopein*“ = beobachten.

In beiden Fällen ist der Sehwinkel des Objectes für unser Auge zu klein, doch aus verschiedenem Grunde; nemlich dort, weil das Object selbst sehr klein ist, hier dagegen, weil der Sehwinkel oder die scheinbare Grösse mit wachsender Entfernung abnimmt.

Daher ist es auch des Fernrohrs Aufgabe, den Sehwinkel zu vergrössern, und je grösser dieser mittelst des Fernrohrs ist gegen jenen ohne dasselbe, desto näher scheinbar ist dem Auge das Object gerückt, und desto stärker, sagt man, ist die vergrössernde Leistung des Instrumentes. Man kann diese — abgesehen von genauer Messung und Berechnung — oberflächlich schätzen, wenn man auf eine entfernte Massstabteilung Ziegelreihe, Gitterform u. dergl. mit dem einen Auge durch das Fernrohr und zugleich mit dem andern frei hinsieht und dabei beobachtet, mit wie vielen der freigesehenen Objecte jene im Fernrohr abgebildeten gleichen Raum zu haben scheinen; dann gibt das Verhältnis der beiden Zahlen die beiläufige Vergrösserung.

Nebst der vergrössernden Wirkung soll das Fernrohr die Gegenstände auch deutlich und lichtstark zeigen und dabei ein nicht zu kleines „Gesichtsfeld“ haben, d. h. nicht zu wenig Raum auf einmal überblicken lassen. Sehen wir nun, wie diese Forderungen bei den verschiedenen Fernröhren erfüllt werden.

Jedes Fernrohr hat (ebenso wie das zusammengesetzte Mikroskop) zwei optische¹⁾ Hauptbestandteile,

1) Griechisch: „*optikós*“ = zum Sehen gehörig.

nemlich: ein „Objectiv“, welches, dem fernen Objecte (Gegenstand) zugewendet, die Stralen desselben zu einem Bilde sammelt, und ein „Ocular“, mittelst dessen das Auge (latein. „*oculus*“) die Stralen dieses Bildes empfängt.

Hiebei ist das Ocular immer eine Linse oder Linsenverbindung, wogegen die bilderzeugenden Objective verschieden sind, je nachdem entweder auch Linsen oder aber Spiegel hiezu verwendet werden. Hienach unterscheidet man zunächst Linsen- und Spiegelfernrohre; erstere mit Linsenobjectiven heissen auch „dioptrische“, letztere mit Spiegelobjectiven katoptrische¹⁾ Fernrohre.

Von jeder dieser beiden Hauptgattungen gibt es wieder je nach der besonderen Einrichtung verschiedene Arten. So gehören zur Gattung der dioptrischen oder Linsenfernrohre: das holländische oder Galilei'sche, das Kepler'sche oder astronomische, und das Rheita'sche oder Erdfernrohr.

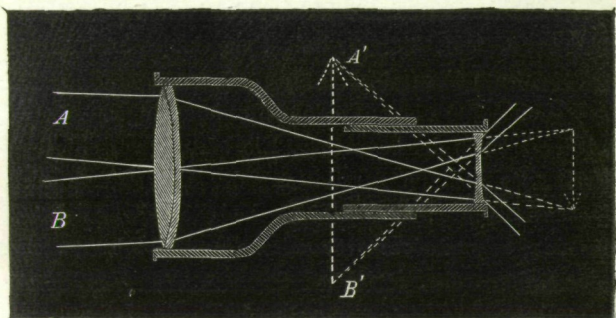
Das verbreitetste unter allen ist das in Holland und fast gleichzeitig (1609) auch von Galilei erfundene Fernrohr, welches als „Theaterperspectiv“ oder „Opernglas“, als Reise- und Jagdperspectiv²⁾ und als „Feldstecher“ allgemein bekannt ist. Bei diesem ist (Fig. 1) das Objectiv — ursprünglich eine einfache

¹⁾ Griechisch: „*dioptron*“ = was durchsehen lässt; „*katoptron*“ = was spiegelt.

²⁾ Vom latein.: „*perspicere*“ = durchsehen, in die Ferne sehen.

Sammellinse — heutzutage eine achromatische¹⁾ Doppel-
linse von grösserer Ausdehnung und Brennweite, und
das Ocular eine kleinere und schärfere Zerstreuungslinse.
Letztere lässt sich gegen das Objectiv so einstellen, dass
sie die aus demselben kommenden Strahlen noch vor deren
Vereinigung zum Bilde (in der Figur punktiert ange-
deutet) auffängt und nun durch ihre zerstreue Kraft

Fig. 1.



Strahlengang im „Galilei'schen“ Fernrohr.

derart auseinandergehend austreten lässt, dass das hinein-
sehende Auge statt des wirklichen Bildes ein scheinbares
aber grösseres Bild ($A' B'$) des Gegenstandes in der Seh-
weite erblickt.

Hiedurch erhält das Auge vermöge des grösseren
Schwinkels den Eindruck, als ob der Gegenstand

¹⁾ Griechisch: „*chrōma*“ = Farbe, mit dem verneinenden
„*α*“; daher, „*achromatisch*“ = nicht farbig zeigend.

näher gerückt sei. Zugleich ist aus der Figur ersichtlich, wie durch zweimalige Kreuzung der Stralen mit der Linsenaxe das statt des vereitelten umgekehrten Bildes erblickte scheinbare Bild den Gegenstand in aufrechter Lage zeigt.

Die erwähnte Wirkung der Ocularlinse auf die Stralen des Objectivs, also auch die Vergrößerung des Schwinkels, wird desto grösser sein, je schwächer die Objectivlinse sammelt, und je stärker die Ocularlinse zerstreut, also je länger die Brennweite der ersteren und je kürzer die der letzteren ist; somit gibt bei diesem Fernrohr das Verhältnis der beiden Brennweiten die Masszahl der Vergrößerung.

Weil aber die Stralen aus dem Ocular zerstreut austreten, so können sie nur von wenigen Punkten des Objectes durch die Pupille ins Auge gelangen, daher ist das Gesichtsfeld ziemlich beschränkt und zwar desto mehr, je weiter das Auge von der Linse entfernt ist (daher man dieses so nahe als möglich an das Ocular halten soll), und je stärker die Vergrößerung ist. Deshalb geht bei den „Operngläsern“, deren Zweck ein möglichst grosses Gesichtsfeld wünschenswert macht, die Vergrößerung kaum über das 2 bis 3fache, und dies genügt ja auch, da hiedurch das ohnehin nicht sehr ferne Object schon bis auf die Hälfte oder ein Drittel der wahren Entfernung näher gerückt erscheint.

Um die Vergrößerung für dasselbe oder für verschieden entfernte Objecte wechseln zu können, ist zuweilen ein solches Fernrohr nach Plössl's Vorgang mit

drei bis vier verschieden starken Ocularen¹⁾ versehen, welche auf einer excentrischen Scheibe durch Drehung nach Belieben in die Rohraxe gebracht werden und bei steigender Vergrößerung ein weiteres Herausziehen der Ocularröhre erfordern.

Auch bei einem und demselben Oculare muss dessen Lage gegen das Objectiv sowol für bedeutend verschiedene Distanzen als auch für Augen von verschiedener Sehkraft geändert werden, und zwar muss der Kurzsichtige das Ocular durch Einschieben dem Objective nähern, um den Stralen desselben früher zu begegnen, und ebenso muss das Ocular dem weiter entfernten Objecte gleichsam nachrücken, um von dem vergrößerten Bilde desselben (siehe Fig. 1), welches in demselben Sinne wie das Object seine Lage ändert, stets die gleiche Entfernung zu behalten.

Um diesfalls bei Theaterperspectiven, welche häufig im raschen Wechsel von Personen verschiedener Sehkraft und auf verschiedene Entfernungen benützt werden, leicht und rasch das Ocular verschieben zu können, dient ein besonderer Bewegungsmechanismus, der diese Verschiebung an zwei gleich construierten Instrumenten zugleich bewirkt, welche für den bequemeren gleichzeitigen Gebrauch beider Augen mit einander verbunden sind.

Solche Doppelfernrohre von etwas grösserer Dimension und stärkerer Vergrößerung werden als „Reise-

¹⁾ Bei dem vorgezeigten Plössl'schen Feldstecher mit 5-, 10-, 15- und 20facher Vergrößerung.

perspective“ benützt und auch, „Feldstecher“ genannt.¹⁾ Die eigentlichen „Feldstecher“ aber (nur für ein Auge) leisten weit stärkere Vergrößerung, allerdings wegen des kleinen Gesichtsfeldes auch selten über 20fach und werden schon auf weit entfernte Objecte gerichtet.

Mit solchen Fernröhren von 30facher Vergrößerung hat Galilei mit bestem Erfolge den Himmeldurchforscht und (wie dies vor acht Tagen an dieser Stelle bereits näher detailliert worden ist) überraschende Entdeckungen gemacht, welche so manche noch damals geltenden astronomischen Ansichten über den Haufen warfen. Und wengleich in den Ansprüchen auf die Erfindung dieser Fernrohrconstruction mit Galilei seine holländischen Zeitgenossen concurrirten, so gebührt doch unstreitig ihm allein das Verdienst, ein solches Instrument zuerst zu so erhabenem Zwecke angewendet zu haben.

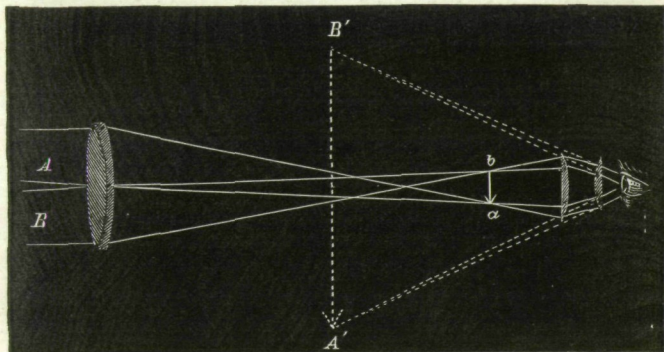
Später jedoch wurde für astronomische Zwecke das Galilei'sche Fernrohr wegen des bei starken Vergrößerungen allzukleinen Gesichtsfeldes durch das Kepler'sche Sternrohr verdrängt, wogegen es bei Beobachtung nicht sehr entfernter irdischer Objecte, wo eine mässige Vergrößerung genügt, durch die Deutlichkeit und aufrechte Stellung des Bildes noch fortan die besten Dienste leistet.

Das Kepler'sche Fernrohr, von seiner häufigsten Anwendung zu Sternbeobachtungen gewöhnlich das

¹⁾ Das vorgezeigte „Doppelperspectiv“ von Plössl mit Aluminium-Fassung hat drei Oculare für Theater, Feld und Marine mit beziehungsweise 3-, 6- und 9facher Vergrößerung.

„astronomische“ genannt, wurde in seiner ursprünglichen Construction aus blos zwei einfachen Sammellinsen von Kepler 1611 theoretisch erfunden und zuerst vom Jesuiten Scheiner 1617 praktisch ausgeführt. Heutzutage hat dasselbe (Fig. 2) als Objectiv eine achromatische Sammellinse von meist viel grösserer Oeffnung und

Fig. 2.



Stralengang im „Kepler'schen“ Fernrohr.

Brennweite als beim Galilei'schen, und als Ocular ebenfalls eine Sammellinsenverbindung, welche dem Auge als Loupe dient. Es ist also dem „zusammengesetzten Mikroskope“ ähnlich, welches sich von ihm durch die kleine Oeffnung und Brennweite des Objectivs sowie durch die geringe Entfernung und Kleinheit des Objectes unterscheidet. Daher sieht auch hier, wie bei jenem Mikroskop, das Auge von dem durch das Objectiv wirklich erzeugten kleinen umgekehrten Bilde mittelst des

Oculars ein vergrössertes scheinbares Bild, welches somit gegen das Object verkehrt ist.

Die vergrössernde Leistung dieses Fernrohrs steigert sich bei Anwendung verschiedener Linsen in dem Masse, als die Brennweite des Objectivs wächst und die des Oculars abnimmt, gerade wie beim Galilei'schen, und wird daher auch, wie bei diesem, berechnet. Aber bei gleicher Vergrösserung gibt das Kepler'sche ein weit grösseres Gesichtsfeld, weil die Stralen der einzelnen Punkte aus seinem Ocular nicht zerstreut, wie beim Galilei'schen, sondern zur Pupille convergierend ins Auge gelangen. Ausserdem hat es den sehr bald von dem hochbegabten Franzosen Gascoigne entdeckten Vorteil, dass sich im Innern des Rohrs dort, wo das wirkliche Bild entsteht, Messvorrichtungen für Untersuchungen anbringen lassen, was beim Galilei'schen nicht möglich ist, da dort gar kein wirkliches Bild entsteht.

Und so gewann doch endlich das Kepler'sche Rohr für astronomische Zwecke den Vorrang vor dem Galilei'schen, das man bishin wegen grösserer Deutlichkeit der Bilder selbst bei Himmelsbeobachtungen für mässige Vergrösserungen vorgezogen hatte. Denn wegen der den einzelnen Linsen vermöge ihrer Kugelkrümmung und Farbenbildung anhaftenden Fehler, die man damals noch nicht zu corrigieren verstand, konnte das Kepler'sche mit seinen zwei einfachen Sammellinsen wol nicht vollkommene Bilder geben.

Daher war man für bedeutende Vergrösserungen genötigt, dieselben nicht durch schärfer gekrümmte

Oculare, sondern durch schwächere Objective, das ist von sehr langer Brennweite zu erreichen, so dass man nach und nach sogar solche mit 100 bis 200 Fuss Brennweite verwendete. Eine solche Länge wäre aber für ein Rohr oder Röhrensystem höchst unpraktisch gewesen, daher war man auf die Idee gekommen, ein solches Objectiv, nur in einer kurzen aber ringsum beweglich eingerichteten Röhre gefasst, an einem entsprechend hohen Orte anzubringen und dahin von unten aus durch die freie Luft mittelst des Oculars zu visieren.

Endlich nach vielen Bemühungen durch ein ganzes Jahrhundert, während dessen man zur Vermeidung des Farbenfehlers anstatt Linsen Hohlspiegel als Objective versuchte und so die eingangs erwähnten Spiegelteleskope erfand, brachte zuerst 1758 der engl. Optiker Dollond ein „achromatisches“ Fernrohr in die Oeffentlichkeit, an welchem durch Zusammensetzung des Objectivs aus einer convexen Linse von Crown Glas und einer concaven von Flintglas auch jener fatale Farbenfehler in den Bildern vermieden war.

Nun wandten sich die Optiker wieder mit erneuertem Eifer den Linsenfernrohren zu, und bald erlangte das Kepler'sche einen hohen Grad von Vollkommenheit. Auch konnte man seitdem für stärkere Vergrößerung einen bedeutenden Teil derselben durch schärfere Oculare bewirken, ohne die Objectivbrennweite und somit auch das Rohr allzu sehr verlängern zu müssen. Die Figur 2 zeigt die diesfällige Linsenordnung und den Stralengang in einem solchen Fernrohr mit achro-

matischem Objectiv und einem nach Ramsden¹⁾ zusammengesetzten Ocular.

Aber hiebei stellte sich doch wieder der Anfertigung von achromatischen Objectiven in grösseren Dimensionen die Schwierigkeit entgegen, dass von dem hiezu nötigen Flintglase²⁾ (anfangs nur in England erzeugt und mit enormer Steuer belegt) wegen seines specifisch schweren Bleigehaltes grössere Stücke von ganz gleichförmiger Masse nur sehr schwer zu erlangen waren.

Daher hatten diese achromatischen Fernrohre lange Zeit hindurch nur Objective von kleinerer Oeffnung und somit bei aller Reinheit der Bilder doch nicht genug Lichtstärke und „raumdurchdringende Kraft“, um hiemit an dem ein Jahrhundert früher schon von Huyghens und Cassini mit ihren zwar noch nicht achromatischen aber sehr grossen Fernröhren durchforschten Himmel wieder etwas Neues von besonderem Interesse entdecken zu können, wogegen gerade um diese Zeit, nämlich in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts, Herschel mit seinen grossen Spiegelteleskopen eine Menge der glänzendsten Funde am Sternenhimmel machen konnte — bis es endlich im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts auch Fraunhofer in München gelungen war, grosse fehlerfreie Flintgläslinsen herzustellen und dadurch achromatische

1) Siehe Seite 193, Anmerkung.

2) So genannt, weil es ursprünglich aus Feuerstein (= engl. „flint“) erzeugt wurde.

Fernrohre mit Objectiven von bis dahin unerreichter Grösse (9 und 12 Zoll Oeffnung) zu verfertigen.

Aber auch dieser Schwierigkeit wegen des Flintglases lehrte später Littrow durch seine Erfindung der „dialytischen“ Construction aus dem Wege gehen, welche darin besteht, die beiden das achromatische Objectiv bildenden Linsen von einander zu trennen (griechisch: „*dialyein*“) und die hohlgeschliffene Flintglaslinse erst in gewisser Entfernung nach innen anzubringen. Denn hiedurch kann letztere um ein Bedeutendes, ja selbst bis zur Hälfte, kleiner sein als die Kronglaslinse, weil die Stralen aus dieser convergierend austreten und mit der Entfernung sich auf einen immer kleineren Raum zusammendrängen. Diese Idee hat nach Littrow's Berechnung zuerst Plössl in Wien 1832 ausgeführt und es gehörten diese „Dialyten“ zu den besten und gesuchtesten Fernröhren, da sie mit dem Vorteile bezüglich des Flintglases auch die Vorzüge grosser Lichtstärke und Schärfe der Bilder sowie auch der kürzeren Rohrlänge vereinen¹⁾.

¹⁾ Ein solcher „Dialyt“ hat zur genauen Einstellung beim Visieren eine von der gewöhnlichen etwas abweichende Einrichtung (erklärt an einem Plössl'schen von $3\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung und 160facher Vergrösserung): das Ocularrohr wird mittelst Zahntrieb bis zu einer vom Optiker je nach der Stärke des Oculars bezeichneten Marke in ein zweites Rohr eingeschoben; letzteres aber ist wieder mittelst Zahntrieb im Hauptrohre verschiebbar und trägt am inneren Ende, beiläufig in der Mitte des Hauptrohres, die Flintglaslinse. Man bringt daher vorerst das Ocular in die seiner Stärke entsprechende Distanz vom Flintglase und dann dieses sammt

Doch ist in der neuesten Zeit durch die fortschrittene Kunst der Glaserzeugung — seit nicht mehr das Merz'sche Institut (vormals Fraunhofer) gleichsam das bezügliche Monopol besitzt, sondern namentlich von den Firmen Feil in Paris und Chance & Comp. in Birmingham in der Glasfabrication sowol durch grössere Dimensionen als durch kürzere Lieferungszeit und geringeren Kostenpreis weit übertroffen worden ist — das Bedürfnis nach der dialytischen Construction nicht mehr ein dringendes, und daher haben die neueren „Refractoren“ (so nennt man grosse Linsenfernrohre, vom lat. „*refractio*“ = Strahlenbrechung) die gewöhnliche Objectivconstruction.

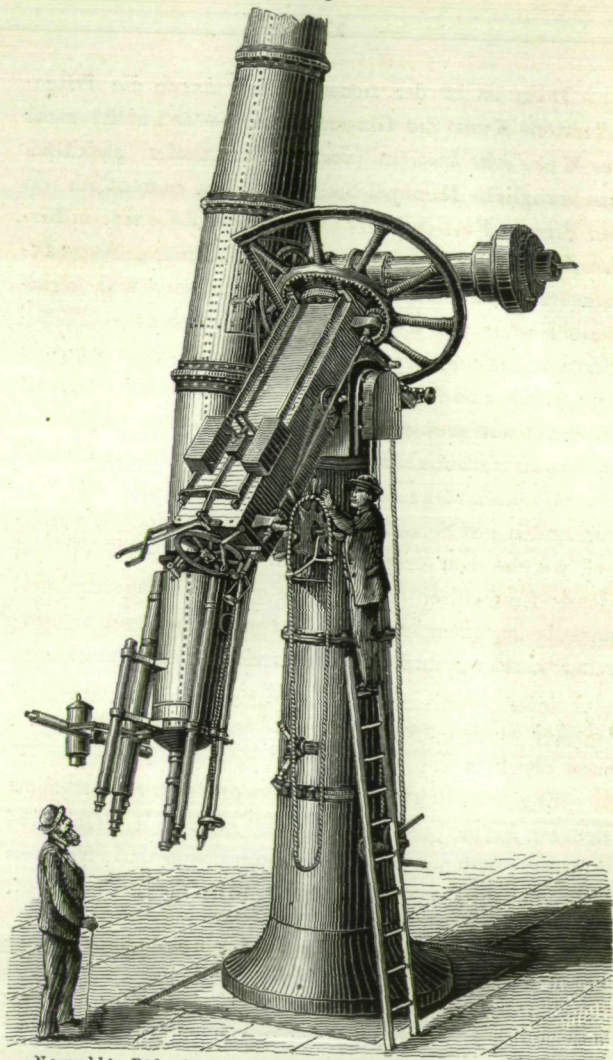
So hat ein mehr als dritthalbhundertjähriges Streben, verbunden mit Scharfsinn und Kunstfertigkeit, die Mängel, welche dem ursprünglichen Sternrohr Kepler's bei seiner Einfachheit anhafteten, glücklich beseitigt und dasselbe zu einem Instrumente von staunenswerter optischer Leistung und technischer Kunst vervollkommenet, und zwar haben darin amerikanische und englische Optiker in den zwei letzten Decennien die deutschen weit überflügelt.

Es gibt heutzutage mehr als zwanzig Sternwarten mit neueren Refractoren von 10 bis 26 engl. Zoll (") Objectivöffnung, von denen die drei grössten bisher sind: Newall's Teleskop (Fig. 3)¹⁾ von Cooke & Sohn in York gefertigt,

dem Ocular in die zum deutlichen Sehen erforderliche Lage gegen die einfache Objectivlinse.

¹⁾ Das in Fig. 3 abgebildete Teleskop (beim Vortrage anschaulich gemacht durch eine Zeichnung von 8 Fuss Höhe

Fig. 3.



Newall's Refractor von Cooke und Sohn (York) (aus „Sirius“).

mit 25" (= 63·5 Cm.) Oeffnung, dann zwei von Alvan Clark & Söhne zu Cambridgeport in Amerika mit je 26" (= 66 Cm.) Oeffnung, nemlich eines auf dem Marine-Observatorium zu Washington, womit der Astronom Hall im vorigen Jahre die längst vermutheten Monde des Planeten Mars wirklich entdeckte, und das andere auf der Sternwarte des Baumeisters L. J. M'Cormick in Chicago an der dortigen Virginia University.

Ein noch grösserer Refractor aber, nemlich mit 27 Zoll (= 68·5 Cm.) Oeffnung, soll demnächst aus der Werkstätte von Th. Grubb¹⁾ in Dublin hervorgehen und zwar für die neue Wiener Sternwarte, welche an grösseren neuen Instrumenten ausserdem noch ein

und 4 $\frac{1}{2}$ Fuss Breite) befindet sich auf der Sternwarte des Telegraphenkabel-Fabrikanten Newall zu Gateshead bei Newcastle in England. Das cigarrenförmige Rohr aus Stahlblech hat eine Länge von 32 Fuss engl. (= 9·75 Meter) und trägt an seinem Ocularende 3 kleinere astronomische Fernrohre, nemlich 2 sogenannte „Sucher“ mit je 4" (= 0·1 M.) Oeffnung und dazwischen ein Teleskop mit 6 $\frac{1}{2}$ " (= 16·5 Cm.) Oeffnung für solche Beobachtungen, wozu sich das grosse nicht gut eignet. Das Instrument ist als Aequatorial parallactisch mit Uhrwerk eingerichtet (siehe Seite 204) und ruht auf einem gusseisernen Pfeiler von 29 Fuss (= 8·84 M.) Höhe und ungefähr 5 $\frac{3}{4}$ Fuss (= 1·8 M.) unterem Durchmesser.

¹⁾ Dieser ausgezeichnete Optiker und Mechaniker (gestorben am 19. September 1878 im Alter von 78 Jahren) fertigte neben Refractoren, deren er z. B. innerhalb vier Jahren zwei „15-Zöller“ zu Stande brachte, auch grosse Spiegelteleskope, z. B. jenes für Melbourne (siehe Seite 182); ja er hatte sich sogar erboten, 30-Zöller zu liefern.

„Aequatorial“ (s. Seite 201) von 10 Zoll und ein Meridian-Instrument (s. Seite 199) von 8 Zoll Objectivöffnung erhalten soll.

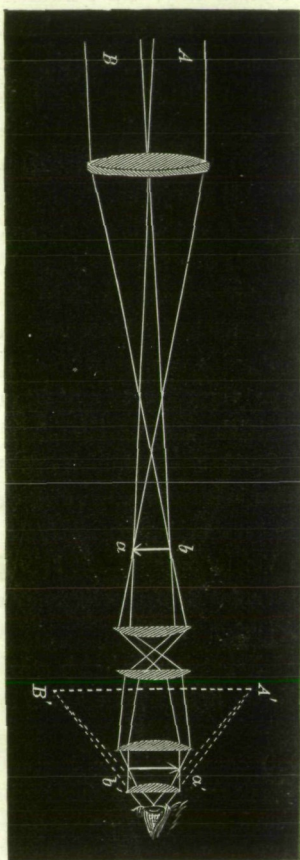
So kolossale Instrumente, wie die vorerwähnten, lassen sich wol selbstverständlich nicht zu den alltäglichen Ortsbestimmungen am Himmel u. dergl. mit Vorteil verwenden, da hiezu Refractoren von mässiger Grösse weit besser geeignet sind, aber zu Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse der Himmelskörper in Verbindung mit der Spectralanalyse sind solche riesige Refractoren wegen ihrer ausserordentlichen Lichtstärke von geradezu unschätzbarem Werte.

Aber nicht zufrieden damit, durch Galilei's und Kepler's Erfindungen damals schon zwei Fernseh-Instrumente zu haben, das eine vorzugsweise für irdische, das andere für himmlische Objecte, wollte man letzteres, nämlich das Kepler'sche, sobald man dessen Vorteile gegenüber dem Galilei'schen erkannt hatte, auch zur Beobachtung irdischer Objecte verwenden. Dem trat jedoch der Umstand als misslich entgegen, dass darin die Objecte in verkehrter Lage erscheinen — ein Umstand, der allerdings bei Betrachtung der Himmelskörper nicht störend wirkt, da er das Erkennen und Orientieren in keiner Weise erschwert. Anders aber ist's bei irdischen Objecten; diese wollen wir aufrecht sehen, da der ungewohnte Anblick derselben in verkehrter Lage sozusagen sinnverwirrend wirkt und den Eindruck des Unnatürlichen erzeugt. Daher sann man sogleich nach Erfindung des Kepler'schen Fernrohrs auf ein Mittel, für

irdische Beobachtungen das vom Objectiv verkehrte Bild wieder umzukehren, und schon Kepler selbst hatte, wenn auch ohne günstigen Erfolg für die Deutlichkeit des Bildes, die Einfügung einer convexen Zwischenlinse vorgeschlagen.

Da erfand später (1665) der Kapuzinermonch Rheita ein aus drei Convexlinsen so zusammengesetztes Ocular, dass zwei derselben vom Objectivbilde wieder ein Bild erzeugen und dabei die Wiederumkehrung besorgen, und die dritte am Auge als Loupe dient. Später hat man statt der ersten Umkehrungslinse zwei Linsen angebracht, und so entstand die jetzt gebräuchliche Form des „terrestrischen“ oder Erdfernrohrs (Fig. 4), dessen Ocular somit eine

Fig. 4.



Strahlengang im „Erdfernrohr“.

Verbindung von vier planconvexen Linsen ist, welche zu zweien in je einer kurzen Röhre gefasst und so an den Enden des gemeinschaftlichen Ocularrohrs in unveränderlicher gegenseitiger Entfernung eingefügt sind.

Den Stralengang und die Wirkung der einzelnen Ocularlinsen des Erdfernrohres versinnlicht die Figur 3. Die dem Objectivbilde (ab) zunächst befindliche Linse empfängt von jedem Punkte desselben divergente Stralen, bringt sie mit weniger Divergenz zur abermaligen Kreuzung mit der Linsenaxe und veranlasst schon hiedurch die entgegengesetzte Lage des weiteren mit Hilfe der beiden nächsten Linsen neuerdings entstehenden Bildes ($a' b'$), das somit aufrecht steht und nun durch die Loupe vergrößert in $A' B'$ erscheint¹⁾.

Solche „terrestrische (irdische) Oculare“ pflegen die Optiker gewöhnlich auch den astronomischen Fernröhren beizugeben, um diese gelegentlich für irdische Objecte verwendbar zu machen; aber umgekehrt ist wegen des Verlustes an Licht beim Durchgange durch so viele Linsen das Erdfernrohr zu astronomischen Zwecken nicht wol geeignet.

Nebst den bisher beschriebenen Fernröhren, deren optische Bestandteile nur Linsen sind, gibt es, wie ein-

¹⁾ Zuweilen ist an diesem Ocular das dem Auge nähere Linsenpaar in etwas längerer Röhre ausziehbar eingerichtet; hiedurch kann man die Vergrößerung steigern z. B. bei dem vorgezeigten Plössl'schen von 30- auf 40fach, und diese Einrichtung heisst (vom griech. „*pan*“ = alles, u. „*kratein*“ = ver-mögen) ebenso wie beim Mikroskop, eine „*pankratische*“.

gangs erwähnt, auch solche, deren bilderzeugende Objective nicht Linsen sondern Hohlspiegel sind, bei denen somit das durch das Ocular zu betrachtende Bild nicht durch „Brechung“ sondern durch Spiegelung, also Zurückwerfung (lat. „*reflexio*“) des Lichtes entsteht.

Diese deshalb sogenannten „Spiegelteleskope“ oder „Reflectoren“ wetteifern seit ihrer Erfindung fortan mit den Linsenfernrohren (Refractoren) und wurden eben zumeist durch die frühere Unvollkommenheit der letzteren ins Dasein gerufen. Denn die anfangs am Kepler'schen Sternrohr vorhandenen Uebelstände, als: Undeutlichkeit der Bilder, farbige Ränder derselben, Lichtschwäche, unbequem lange und der Biegung ausgesetzte Rohre u. s. w. mussten wol den Wunsch nach einer andern Construction rege machen und führten auf die Idee, metallene Hohlspiegel statt Glaslinsen als Objective zu verwenden.

So erdachte schon 1663 der Engländer Gregory eine Construction mit zwei Hohlspiegeln von gemeinschaftlicher Axe, einem grösseren mit parabolischer und einem kleinen verschiebbaren mit elliptischer Krümmung, da diese beiden Formen gar keine Stralenabweichung verursachen. Nach seiner Anordnung werden die vom entfernten Objecte kommenden Stralen, welche durch das eine offene Ende des Rohrs auf den am andern Ende befindlichen und central durchbohrten grösseren Spiegel fallen, von diesem zurückgeworfen und zu einem kleinen verkehrten Bilde vor dem kleinen Spiegel vereinigt; dieser aber wirft (bei gehöriger Einstellung, welche vom

Ocular aus während des Hineinsehens mittelst Triebstange und Schraube geschieht) von jenem Bilde wieder ein verkehrtes, mithin zum Objecte aufrechtes Bild, bereits vergrössert, gegen den grossen Spiegel hinter die centrale Oeffnung derselben zurück, und dieses Bild wird mittelst des dort befindlichen Oculars noch mehr vergrössert gesehen¹⁾.

Ein Uebelstand hiebei ist die centrale Durchbohrung des Objectivspiegels, da hiedurch gerade der am besten wirkende mittlere Teil des Spiegels fehlt und der übrige (nicht parabolische) Teil eben jene Stralenabweichung verursacht, welche Gregory durch die parabolische Form vermeiden wollte, da in der wirklichen Ausführung wegen der Schwierigkeit des parabolischen Schliffes die Spiegel denn doch wieder meist die Kugelkrümmung erhalten.

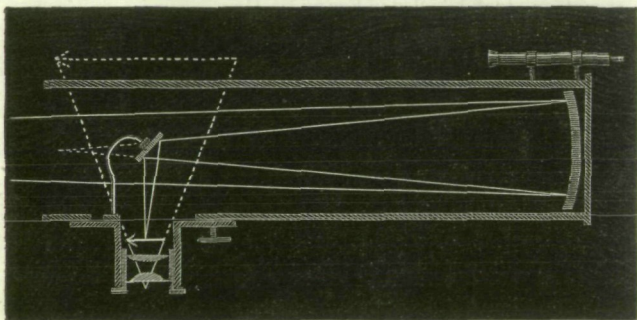
Aber noch vor dem wirklichen Zustandekommen des ersten Gregory'schen Teleskops durch Hooke 1674 war auch schon Newton mit einer andern Construction aufgetreten. Denn die von ihm 1666 gemachte Entdeckung der durch Linsen und Prismen bewirkten Farbestreuung des weissen Lichtes liess an jeder weiteren Verbesserung des Linsenfernrohres verzweifeln, indem man deshalb irriger Weise glaubte, es könne mittelst Linsen kein Bild ohne farbigen Saum entstehen, und so versuchte man mit erneuertem Eifer die Anwendung des

¹⁾ Gezeigt an einem Gregory'schen Teleskop von nur 15 Zoll Länge mit einem Objectivspiegel von 3 Zoll Durchmesser.

Spiegels, da bei diesem wenigstens keine Farbenzerstreuung stattfindet.

Newton selbst erfand und construierte schon 1668 ein Teleskop (Fig. 5), worin er den Objectivspiegel und durchbrochen liess, den kleinen Hohlspiegel Gregory's durch einen unter 45° gegen die Rohraxe geneigten Planspiegel ersetzte und diesem gegenüber seitwärts das Ocular anbrachte¹⁾. Hiedurch werden die vom Ob-

Fig. 5.



Stralengang im „Newton'schen“ Teleskop.

jectivspiegel kommenden Strahlen vor ihrer directen Vereinigung (in der Figur punktiert angedeutet) durch den Planspiegel von ihrer bisherigen Richtung unter Beibehaltung ihrer gegenseitigen Neigung seitwärts abgelenkt und dort nach unveränderter Weglänge zu einem Bilde

¹⁾ Gezeigt an einem solchen Teleskop vom vorigen Jahrhundert (aus dem physikalischen Museum der k. k. Theres. Akademie) mit einem Hohlspiegel von $4\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und einem achtkantigen Holzrohr von $4\frac{1}{2}$ Fuss Länge.

vereinigt,¹⁾ das dann durch das Ocular vergrößert erscheint. Da nun hiebei wegen der seitlichen Ablenkung durch den Planspiegel das Bild des Objectes in einer gegen die Wirklichkeit senkrechten Richtung und Lage erscheint, so ist zum leichteren Einstellen des Rohrs auf das Object aussen am Rohre parallel mit dessen Axe ein kleines astronomisches Fernrohr als „Sucher“ angebracht.

Eine Abänderung, besonders der Gregory'schen Construction, traf 1672 der Franzose Cassegrain dadurch, dass er als zweiten Spiegel einen kleinen Convexspiegel setzte, welcher dem grossen Spiegel viel näher gerückt, die von demselben kommenden Stralen (wie in Fig. 8) ebenfalls vor ihrer Vereinigung auffängt, sie dann aber mit weniger Convergenz zurückwirft und nach einem deshalb längeren Laufe zu einem bereits etwas vergrößerten Bilde vor dem Oculare vereinigen lässt. Diese Einrichtung hat den Vorteil einer kürzeren Rohrlänge und gibt auch (wenigstens dem Gregory'schen gegenüber) ein deutlicheres Bild; dennoch kam dieselbe nur höchst selten zur Anwendung, und erst in der neuesten Zeit ist das Princip des Convexspiegels wieder aufgenommen worden.

Durch die spätere Erfindung der achromatischen Linsenfernrohre kamen dann die kleineren Spiegelteleskope, besonders die der complicierteren Gregory'schen

¹⁾ Die Fig. 5 zeigt den Gang der Stralen von jenem Punkte des fernen Objectes, dessen Bild in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint.

Form, fast ganz ausser Gebrauch, wogegen die einfachere Newton'sche Construction als die bessere sich für grössere Dimensionen fortan bis heutzutage behauptete, besonders da es doch einigen Gelehrten und Künstlern gelungen war, auch parabolische Spiegel zu gessen und zu polieren.

Auch Herschel verfertigte von 1774 an zuerst eine Reihe von Teleskopen nach Newton's Muster mit Spiegeln von 5, 7, 10 ja 20 Fuss Brennweite und einer bis zum 6000fachen steigenden Vergrösserung, sämtlich wahre Meisterstücke, mit denen er eigentlich seine schönsten und berühmtesten Entdeckungen am Himmel machte, da ihre Leistung auch die damals schon achromatischen Linseninstrumente übertraf, deren Objective noch wegen der Schwierigkeit des Flintglases nur geringe Dimensionen haben konnten.

Später (1786) erfand Herschel selbst eine noch einfachere Construction, indem er den kleinen Spiegel ganz entfernte und das vom grossen Spiegel erzeugte Bild direct vor dem Ocular entstehen liess. Hiezu ist dieser Spiegel gegen die Längsaxe des Rohres etwas schief geneigt und das Ocular am offenen Rohrende seitwärts ganz nahe am Rande desselben angebracht. Ein beigefügter „Sucher“ erleichtert dem mit dem Rücken gegen das Object gekehrten Beobachter die Einstellung des Rohres und die Orientierung. Diese Construction nach Herschel wäre für Spiegelteleskope in Bezug auf Lichtstärke und Deutlichkeit der Bilder entschieden die geeignetste zu astronomischen Zwecken, ist aber leider

nur in sehr grossen Dimensionen mit Erfolg anwendbar, weil bei kleineren durch den Kopf des Beobachters zu viel Licht abgehalten würde.

So construiert war auch Herschel's allbekanntes Riesenteleskop vom Jahre 1789 mit einer Vergrösserung bis zum 6400fachen und mit einem Hohlspiegel von 4 Fuss Durchmesser und 40 Fuss Brennweite, der leider bald durch Feuchtigkeit in einer Nacht erblindete und nicht wieder hergestellt worden ist. Dieselbe Construction hat auch der 1843 von Lord Rosse bei Dublin aufgestellte noch grössere „Reflector“ von 6 Fuss Spiegeldurchmesser und 55 Fuss Länge, dessen „raumdurchdringende“ Leistung auch die Natur der bishin unaufgelösten sogenannten „Nebelflecke“ am Sternenhimmel erkennen liess.

Nach Herschel aber, seit dem Gelingen grösserer achromatischer Linsenobjective durch Fraunhofer, mussten die Spiegelteleskope von nicht bedeutenden Dimensionen gegen die meisterhaften Linseninstrumente zurücktreten, und nur die kolossalen Newton'schen von Lassell in Liverpool und der eben vorhin erwähnte Riesenreflector von Lord Rosse haben auch seither durch neue Entdeckungen von höchstem Interesse ihr Ansehen behauptet, und im Jahre 1868 hat Grubb in Dublin für die Sternwarte zu Melbourne in Australien wieder einen Reflector nach Cassegrain's System (Seite 180) mit 4 Fuss Spiegelöffnung verfertigt.

Zwar haben auch diese Riesen an den vorhin (S. 173) erwähnten neuesten Refractoren von Clark in Bezug auf

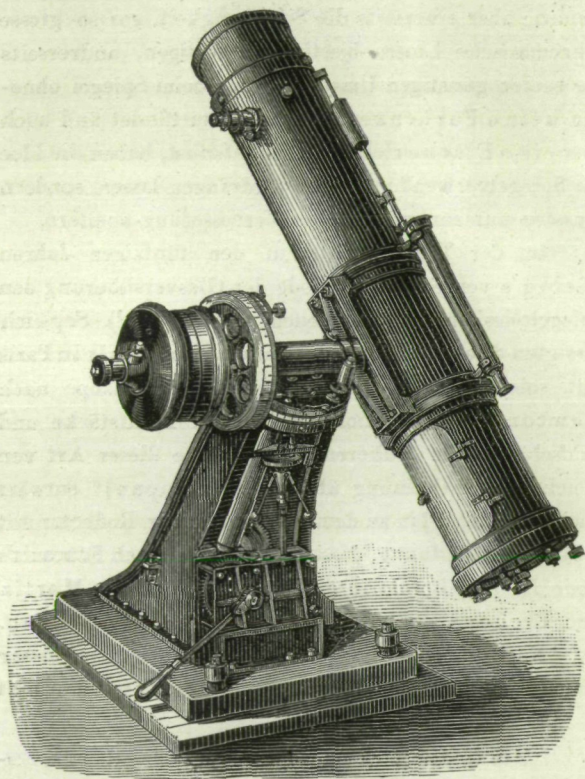
Leistungsfähigkeit ihre siegreichen Wettkämpfer gefunden; aber einerseits die Schwierigkeit, gar so grosse achromatische Linsenobjective zu fertigen, andererseits die beiden günstigen Umstände, dass beim Spiegel ohnehin keine Farbenzerstreuung stattfindet und auch nur eine Fläche richtig zu schleifen ist, haben die Idee der Spiegelverwendung nicht verdrängen lassen, sondern mussten nur zur möglichsten Verbesserung aneifern.

In der That brachte in den fünfziger Jahren Liebig's verbesserte Methode der Glasversilberung den Spiegelteleskopen wieder neuen Aufschwung¹⁾. Sogleich fertigten Steinheil in München und Foucault in Paris mit solchen Glas-Silberspiegeln Teleskope nach Newton's Construction, welche an Lichtstärke und Bildschärfe alle früheren Instrumente dieser Art von gleich grosser Oeffnung übertrafen. Foucault entwarf auch noch den Plan zu dem grossen Pariser Reflector mit 4 Fuss Spiegelöffnung, dessen Ausführung nach Foucault's Tode die von ihm darin eingeweihten Künstler Martin und Eichens erst vor zwei Jahren vollendet haben.

Nach Foucault wanderte die Fabrication dieser neuen Teleskope nach England, der alten Stammheimat

¹⁾ Man fand nemlich an den Glas-Silberspiegeln mancherlei Vorzüge vor den Metallspiegeln und zwar: geringeres Gewicht, leichtere und billigere Herstellung, weniger Empfindlichkeit gegen Witterungseinflüsse, nötigenfalls leichtere Wiederherstellung oder Erneuerung der Spiegelfläche, und am wesentlichsten eine weit vollständigere Lichtreflexion, wodurch die Bilder schärfer und lichtstärker werden.

Fig. 6.



Spiegelteleskop von Browning (London). (Aus „Sirius“.)

der Reflectoren, und es werden gegenwärtig von John Browning in London solche Instrumente nach Newton's System von vorzüglicher Güte verfertigt, wobei

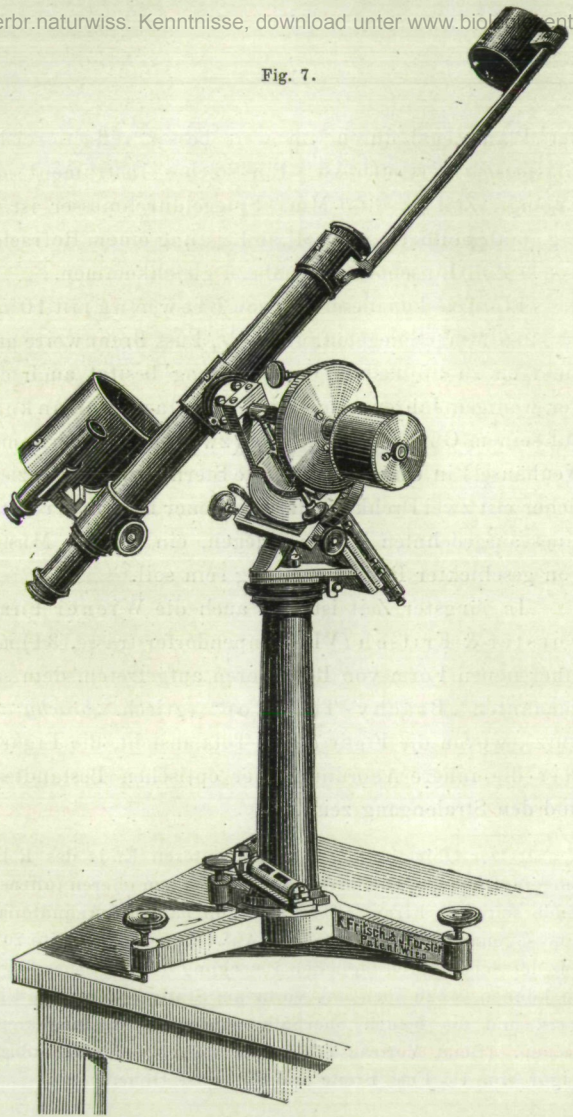
der Planspiegel durch ein weit besser reflectierendes Glasprisma vertreten ist. Ein solches Instrument mit 12 engl. Zoll (= 305 Mm.) Spiegeldurchmesser ist in Fig. 6 abgebildet¹⁾ und soll an Leistung einem Refractor von 9 Zoll Linsenöffnung nahezu gleichkommen.

Ein Teleskop dieser Art von Browning mit $10\frac{1}{2}$ " (= 267 Mm.) Spiegelöffnung, $6\frac{1}{2}$ Fuss Brennweite und einer bis zu 950fachen Vergrößerung besitzt auch die vor wenigen Jahren vom Herrn Nicolaus v. Konkoly auf seinem Gute zu O-Gyalla (zwischen Komorn und Neuhäusel) in Ungarn errichtete Sternwarte, deren zierlicher mit zwei Drehkuppeln versehener Bau, in der Mitte eines ausgedehnten Parkes gelegen, ein wahres Muster von geschickter Raumverteilung sein soll.

In jüngster Zeit ist nun auch die Wiener Firma Forster & Fritsch (VI. Gumpendorferstrasse, 31) mit einer neuen Form von Reflectoren aufgetreten, dem sogenannten „Brachy-Teleskop“ (griech. „brachy“ = kurz), wovon die Figur 7 eine Totalansicht, die Figur 8 aber die innere Anordnung der optischen Bestandteile und den Stralengang zeigt.

¹⁾ Der Objectivspiegel ist am unteren Ende des Rohrs eingefügt und die Ocularröhre tritt nahe am oberen (offenen) Ende seitwärts heraus. Das Teleskop hat als „Aequatorial“ eine sogenannte „parallaktische“ Aufstellung (siehe Seite 201), um der scheinbaren täglichen Bewegung des Gestirnes folgen zu können, wozu auch das vorne am Stativ erkennbare Uhrwerk und die beiden oberhalb sichtbaren Messungskreise dienen. (Beim Vortrag erklärt an einer Zeichnung obiger Figur von $4\frac{1}{2}$ Fuss Breite und $6\frac{3}{4}$ Fuss Höhe.)

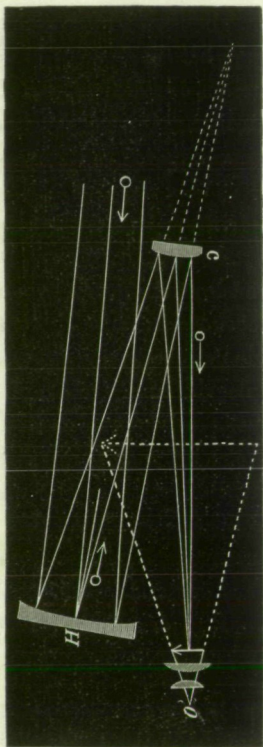
Fig. 7.



„Brachy-Teleskop“ von Forster & Fritsch (Wien).

Es ist dies gewissermassen eine Verbindung der beiden Systeme Cassegrain und Herschel, und soll die Vorzüge derselben vereinen. Hierbei entsteht nämlich von dem fernen Objecte, so wie bei Cassegrain, mittelst eines grösseren Hohl- und eines kleineren Convexspiegels (beide aus versilbertem Glase) ein verkehrtes wirkliches Bild vor dem Oculare ¹⁾; der Hohlspiegel (*H*) wirkt aber auch mit dem besten Teile (der Mitte) seiner Fläche, wie bei Herschel, und weder der kleine Spiegel (*c*) noch der Kopf des Beobachters (in *O*) steht hemmend im directen Wege der einfallenden Stralen. Zu dem Ende befindet sich der grössere Spiegel seitwärts vom Oculare (oder darüber) und, um die einfallenden Stralen nach zweimaliger Reflexion doch richtig in die

Fig. 8.

Strahlengang
im „Brachy-Teleskop“.

¹⁾ Siehe auch Seite 180, Anmerkung 1.

Ocularaxe zu lenken, sind beide Spiegel gegen diese Axe unter genau bestimmten Winkeln geneigt¹⁾. Da somit die einfallenden Strahlen nicht mit der Ocularaxe gleiche Richtung haben, so dient ein dioptrischer „Sucher“ zum Einstellen des Fernrohrs auf das Object. Ein beigegebenes „irdisches Ocular“ macht dasselbe auch als „Erdfernrohr“ verwendbar.

Was die optische Leistung des Brachy-Teleskops betrifft, so haben massgebende Persönlichkeiten, darunter namentlich Dr. Weiss, Director der hiesigen Sternwarte, und der bekannte Astronom Dr. Klein²⁾ in Köln dieselbe lobend anerkannt, indem sie mit solchen Instrumenten, wie das eben vorgezeigte, mit nur 4 Wr. Zoll = 105 Mm. Spiegelöffnung mehrere sehr schwierige Doppelsterne auflösen konnten, und letzterer sowol bei seinen Beobachtungen Vieles mit Leichtigkeit fand, was früher mit Reflectoren von 7 und 13 Fuss Länge nur mit Mühe wahrgenommen worden, als auch den letzten Mercurdurchgang scharf beobachten konnte. Auch hat es gegenüber den anderen Fernröhren von gleicher Leistung die Vorzüge der Kürze, Leichtigkeit, compendiösen Form und des ausserordentlich billigen Preises.

¹⁾ Jeder der beiden Spiegel ist (Fig. 7) in einem sehr kurzen Rohr gefasst und durch dieses mit dem Ocularrohr, der grössere seitwärts, der kleinere in der Verlängerung des Rohrs, fix verbunden. Die Figur zeigt das Instrument als Aequatorial mit parallaktischer Aufstellung (siehe Seite 201).

²⁾ In der Zeitschrift „Gäa“, Jahrgang 1878.

Ich habe bisher die verschiedenen Fernröhre je nach der verschiedenen Construction und der Art, wie sie dem Auge ein Bild des fernen Objectes liefern, erklärt und dabei nicht umhin können, auch einige historische Daten beizufügen, um anzudeuten, wie man seit der ersten Erfindung eines Fernseh-Instrumentes fortwährend bestrebt war, dasselbeso zu vervollkommen, dass es neben seiner vergrößernden Wirkung (die hier ebenso wenig als beim Mikroskop die Hauptsache ist) auch sowol deutliche als lichtstarke Bilder gebe.

Es soll ja das Fernrohr einerseits jene Objecte, welche dem freien Auge allerdings wahrnehmbar, aber für ein deutliches Erkennen zu weit entfernt sind, nicht nur gleichsam näher heranziehen und grösser erscheinen lassen sondern auch deutlich und scharf begrenzt zeigen, andererseits soll es auch solche Objecte und Erscheinungen zur Wahrnehmung bringen, von denen das freie Auge keine Spur zu entdecken vermag, es soll gleichsam „in den fernen Raum vordringen“ und von dort her dem Auge Licht bringen.

Diese beiden Vorzüge der deutlichen Schärfe und der „raumdurchdringenden Kraft“ treten besonders dann in ihrer Wichtigkeit hervor, wenn die Bildvergrößerung wegen allzu grosser Ferne als unmerklich verschwindet, wie bei den Fixsternen, welche auch bei den stärksten bisher erreichten Vergrößerungen nur als scharf markierte Punkte ohne merklichen Durchmesser erscheinen.

Daher besteht eine gewöhnliche Probe der Deutlichkeit bei hinreichender Vergrößerung im scharfen Trennen oder „Auflösen“ der dem freien Auge nur als

einfach erscheinenden Doppelsterne, bei kleineren Fernröhren auch im Erkennen von weit entferntem Schriftdruck oder verschieden geformten und aneinander gereihten Punkten und Strichen u. s. w.

Die „raumdurchdringende Kraft“ aber zeigt sich in der Sichtbarmachung von Gestirnen, welche auch dem besten Augennicht wahrnehmbar sind, und ist bedingt durch die Lichtstärke des Instrumentes, das ist die Menge von Strahlen, welche die Fläche des Objectivs vom entfernten Objecte empfängt und mittelst des Oculars ins Auge sendet. Denn das freie Auge erhält von jedem leuchtenden Punkte nur einen Strahlenkegel vom Durchmesser der Pupille, das bewaffnete Auge aber einen solchen, dessen Basis die Fläche des Objectivs ist, wenn diese Strahlen (im günstigsten Falle) sämmtlich bis auf die Pupillenöffnung concentrirt werden, so dass hiedurch im Auge ein zum Wahrnehmen hinreichend starker Eindruck entsteht.

Daher nimmt die Lichtstärke mit der Grösse der Objectivöffnung zu, wird jedoch bei Objecten, die im Fernrohr unter messbarem Durchmesser erscheinen, durch steigende Vergrößerung ihres Bildes verringert. Eben daraus aber erklärt sich die Möglichkeit, Sterne auch am hellen Tage teleskopisch zu beobachten, und dies desto besser, je grösser die Fläche des Objectivs und zugleich die vergrößernde Kraft des Fernrohrs ist, weil dann das Licht der Sterne, deren Bilder wegen grosser Entfernung entweder ganz unmerklich oder nur wenig vergrössert erscheinen, das Uebergewicht erhält über die Helligkeit der Atmosphäre, welche im Gesichts-

felde des Fernrohrs wegen bedeutender Vergrößerung viel schwächer beleuchtet und daher dem Auge verdunkelt erscheint.

Aber das deutliche Schauen oder Wahrnehmen des fernen Objectes ist nicht der einzige Zweck aller Fernrohre. Wol befriedigen das Opernglas, der Feldstecher, das Erdfernrohr den Theaterfreund, den nach fernen Personen und Vorgängen im Felde ausspähenden Militär und den Touristen schon durch das deutliche und vergrößerte Bild des Betrachteten; aber das Kepler'sche und die grossen Spiegelteleskope sollen einem höheren Zwecke dienen, sie sollen unsere Kenntnisse über Grösse, Oberfläche, Masse, materielle Beschaffenheit, Veränderung, Distanz, Bewegung etc. der Himmelskörper erweitern helfen, und nebstdem ist das Kepler'sche Fernrohr auch besonders dazu geeignet, in vielen Zweigen der praktischen Geometrie und der Physik bei ihren Beobachtungs- und Messungsmethoden die wesentlichsten Dienste zu leisten, weil es auch in kleinerer Form grosse Helligkeit und Deutlichkeit mit hinreichend grossem Gesichtsfelde vereint, und es auch nichts verschlägt, verkehrt zu sehen, da das Fernrohr hiebei nur auf bestimmte Punkte und Linien gerichtet wird.

Für diese vielen verschiedenen Zwecke müssen auch mit dem Fernrohr mancherlei bezügliche Zugaben verbunden sein, z. B. (ohne dies hier näher erörtern zu können) etwa eine „spectroskopische“ Vorrichtung zur Erforschung der materiellen Beschaffenheit der Himmelskörper oder ihrer Bewegung auf Grundlage der so-

genannten Spectralanalyse, oder eine photographische Einrichtung; ferner muss das Fernrohr mit Vorrichtungen zum genauen Visieren und Messen versehen sein, um hiedurch auch Lage und Grösse der Objecte näher zu untersuchen und die Resultate hievon entweder direct zu benutzen oder zur Grundlage für weitere Berechnungen zu nehmen.

Zu letzteren gehören, um nur einige zu erwähnen, vorerst die verschiedenen „Fadenkreuze“, deren einfachstes aus nur zwei auf einander und auf der Linsenaxe senkrechten äusserst dünnen Fäden besteht, welche, in der Oeffnung eines Ringes mitten durchgespannt, im Innern des Fernrohres sich genau in der optischen Axe kreuzen und gerade an jener Stelle angebracht sind, wo das durch das Ocular zu betrachtende Bild des Objects hinfällt, weshalb sie auch mit diesem Bilde scharf gesehen werden. Hiezu eignen sich besonders Spinnfäden und zwar die aus den Drüsen der Spinne kommenden, indem sie an Feinheit, gleichförmiger Dicke, Glätte der Ränder, Zähigkeit, Unentzündlichkeit im Brennpunkte der Sonnenstralen u. s. w. jedes Kunstproduct übertreffen; besonders die ausserordentliche Feinheit eines solchen Spinnfadens ermöglicht eine sehr scharfe Beobachtung des Objects, da er auch bei der stärksten Vergrösserung durch das punktförmige Bild des Fixsternes nicht ganz bedeckt erscheint¹⁾.

¹⁾ Für Beobachtungen zur Nachtzeit wird das Fadenkreuz, wie auch das Mikrometer, durch eine besondere Beleuchtungsvorrichtung sichtbar gemacht.

Dieser Erfindung des Franzosen Gascoigne im Jahre 1640 verdanken die Beobachtungen der neueren Zeit ihre präzise Genauigkeit gegenüber den durch bloß beiläufige Einstellung verursachten Fehlern der früheren Beobachtungen. Denn bei jedem „Fadenkreuze“ markirt der Kreuzungspunkt irgend zweier Fäden auch einen genau bestimmbaren Punkt des Gesichtsfeldes (bei zwei diametral gespannten das Centrum desselben); bringt man ihn daher beim Visieren mit einem Punkte des Objectbildes zur Deckung, so ist auch dieser genau fixiert.

Andere derlei Vorrichtungen sind die verschiedenen „Mikrometer“ (griech. „*mikrós*“ = klein, „*metrein*“ = messen) für Messungen von Dimensionen an dem Bilde und kommen an die Stelle des Fadenkreuzes, mithin ebenfalls an den Ort des vom Objectiv erzeugten Bildes¹⁾. Bei jener Art z. B., die man „Schraubenmikrometer“ nennt, lassen sich durch zwei einander diametral gegenüber befindliche feine Schrauben mittelst Schieber zwei mit dem horizontalen Faden des einfachen Kreuzes parallele Spinnfäden zu beiden Seiten desselben einander nähern

¹⁾ Deshalb ist die in den Figuren 2, 5 und 8 dargestellte Ocularform nach Ramsden vorteilhaft, weil sie die Vertauschung mit einem schärferen oder schwächeren Oculare ohne Einfluss auf das Mikrometer gestattet, was bei dem Ocular von Huyghens, dessen beide Linsen ihre gewölbten Flächen dem Objecte zukehren, nicht der Fall ist, da dort das Bild zwischen den Linsen entsteht (wie in Fig. 4) und daher mit jedem Ocular ein besonderes Mikrometer verbunden sein muss.

und entfernen, und die Schraubenköpfe sind mit feiner Kreisteilung zum Ablesen von Bruchteilen einer Schraubenumdrehung versehen. Bringt man diese beiden Fäden mit den Enden der zu messenden Länge am Bilde in Uebereinstimmung, so findet man aus der Anzahl der Umdrehungen und der Bedeutung einer solchen Drehung die gesuchte Grösse.

Am häufigsten aber sind mit Hilfe des Fernrohrs Winkelgrössen zu messen, da auf solche sich wol die meisten Messungen in der Astronomie und der Geodäsie¹⁾ (Erd-, Land- oder Feldmesskunst) beziehen. Hiezu dienen mit feinen Gradeinteilungen versehene Kreise, welche mit dem Fernrohr verbunden sich mit diesem drehen, und deren Ebenen auf einander senkrecht stehen. Solche Kreise befinden sich z. B. an jenen Instrumenten, die man Theodolith, Höhenkreis, Meridiankreis, Mittags- oder Passagerohr, Aequatorial u. s. w. nennt, und welche Sie hier theils auf grossen Wandtafeln dargestellt sehen, theils in Wirklichkeit vor Augen haben.

Es würde zu lange aufhalten und auch die Grenzen meines Themas überschreiten, diese Instrumente im Detail zu beschreiben; ich muss mich daher begnügen, nur einige Andeutungen zu geben.

Der Theodolith²⁾ eines der nützlichsten und notwendigsten Instrumente für Geodäsie, Astronomie und

¹⁾ Griechisch: „gē“ = Erde, Land, Feld, und „daiein“ = teilen.

²⁾ Den verschieden erklärten Namen dieses Instrumentes glaubt Hunaeus (in seinem Werke über „geometrische In-

Physik (für letztere besonders im optischen Teile) besteht, wie in Figur 9, wesentlich aus zwei mit einem kleinen astronomischen Fernrohr verbundenen geteilten Kreisen, einem horizontalen (H) und einem verticalen (V). Der Horizontalkreis bildet (als sogenannter „Limbus“) den verstärkten Rand einer drehbaren Scheibe, über welcher innerhalb desselben zwei diametral entgegengesetzte Arme (als sogenannte „Alhidaden“) an ihren am Limbuskreis gut anpassenden Enden je einen Noniuszeiger zum Ablesen tragen. Mit dem Verticalkreise ist auch das auf derselben horizontalen Axe befestigte Fernrohr in verticaler Ebene drehbar und beide lassen sich sammt ihrer gemeinschaftlichen Axe auch mit dem unteren Kreise in horizontalem Sinne drehen.

Durch diese doppelte Drehung des Fernrohres im horizontalen und im verticalen Sinne kann man dasselbe auf jeden sichtbaren Punkt richten. Zur genauen Einstellung desselben, beziehungsweise des Fadenkreuzes, dienen an den Kreisen Mikrometerschrauben (m), welche den beiden Drehungen eine äusserst feine Bewegung geben. Die Kreise tragen an ihrem mit Silber eingelegten Rande eine feine Gradeinteilung, an welcher der durch die Drehung durchlaufene Bogen als Mass des Winkels

strumente“) doch am wahrscheinlichsten aus den drei griechischen Wörtern: „*théa*“ = das Schauen, „*hodós*“ = Weg, auch Art oder Mittel, und „*líthos*“ = Stein herleiten zu können, da es anfangs nur zu grösseren Landvermessungen verwendet und hiebei des sicheren Standes wegen meist (wie zuweilen auch jetzt) auf Steine gestellt wurde.

mittelst der „Nonien“ (n) oder „Verniers“¹⁾ scharf präcisiert und mit Hilfe von Mikroskopen oder Loupen (l) genau abgelesen wird. Ferner dienen sogenannte Libellen oder Wasserwagen (w) zur genauen Horizontalstellung der betreffenden Teile.

Wollte man z. B. mit diesem Instrumente die Lage zweier Turm- oder Bergspitzen messen, wie sie dem Standpunkte des Instrumentes entspricht, so dreht man aus der notierten bisherigen Stellung das Fernrohr in horizontalem und verticalem Sinne so lange, bis mit Hilfe der Mikrometerschrauben der Kreuzungspunkt der Fäden zuerst die eine, dann die andere der beiden Spitzen deckt und liest beide Male an beiden Kreisen ab. Dann geben die Unterschiede der gleichartigen Ablesungen für beide Spitzen den Horizontal- und den Vertical-Abstand dieser beiden Punkte²⁾.

Bei Messungen an irdischen Objecten ist die Abweichung der Visierichtung von der horizontalen niemals bedeutend, da diese Objecte bei ihrer Entfernung

1) Nonius und Vernier sind die Namen des Erfinders und des Verbesserers von Massteilungen, mittelst deren man Bruchteile eines andern Masses absehen kann.

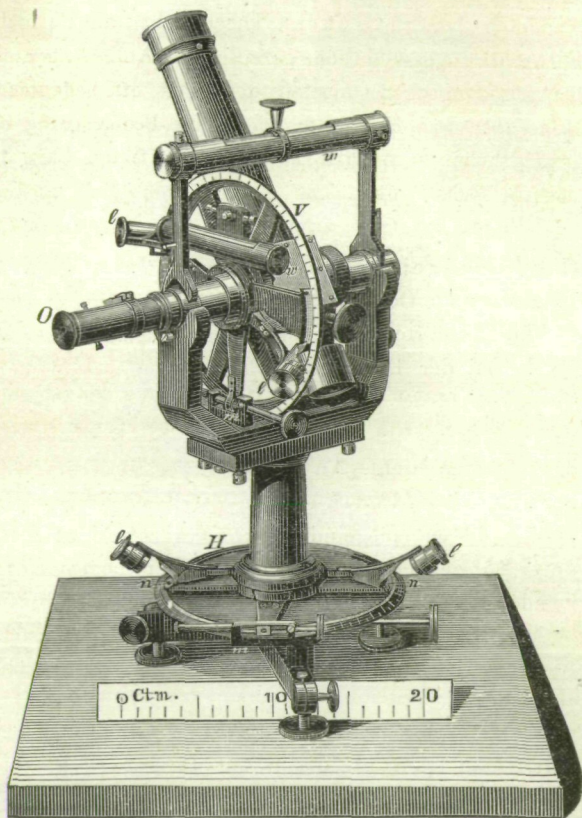
2) Der bei dieser Erklärung vorgezeigte grosse geodätische Theodolith ist, sowie der für das Nachfolgende benützte astronomische (Fig. 9) aus der weithin berühmten und in der Construction geodätischer und astronomischer Instrumente unübertroffenen Firma der Herren Starke & Kammerer in Wien (IV., Karls gasse, 11), welche diese beiden wertvollen Apparate für den Zweck dieses Vortrages mit besonderer Gefälligkeit zur Verfügung gestellt haben.

vom Instrumente nur um Weniges über oder unter der horizontalen Drehaxe des Fernrohrs erscheinen können, daher ist bei den nur zu „irdischen“ Messungen verwendeten „geodätischen“ Theodolithen die Form des Fernrohrs die gewöhnliche geradlinige. Anders aber ist's bei astronomischen Objecten; denn ihre oft bedeutende Höhe über dem Horizonte würde die Beobachtung bei gewöhnlicher Fernrohrform wegen der tiefen Lage des Oculars höchst unbequem, ja auch unmöglich machen.

Daher hat der „astronomische Theodolith“ (Fig. 9) ein „gebrochenes“ Fernrohr mit der Einrichtung, dass die Ocularhälfte des Rohrs senkrecht gegen die Objectivhälfte und stets horizontal ist, wobei sie selbst einen Teil der Drehaxe für letztere bildet und die an ihrer Statt in der gedachten Verlängerung des Objectivrohrs angebrachte Metallmasse nur als Gegengewicht des letzteren dient. An der Wendungsstelle des Rohrs befindet sich im Innern ein „total reflectierendes“ Glasprisma, dessen spiegelnde Fläche gegen beide Rohrteile unter 45° geneigt ist und somit die vom Objectiv kommenden Strahlen rechtwinklig gegen das Ocular hin ablenkt. Auf diese Weise kann man, stets in horizontaler Richtung ins Ocular schauend, Gestirne von beliebiger Höhe mit gleicher Bequemlichkeit beobachten.

Denken Sie sich nun, hochgeehrte Anwesende, dieses Instrument (unter Beobachtung der übrigen Erfordernisse seiner Richtigstellung) so gestellt, dass der Verticalkreis sammt der optischen Axe des Objectivs mit der Meridianebene des Aufstellungsortes übereinstimmt,

Fig. 9.



Astronom. Theodolith („Universal-Instrument“) von Starke & Kammerer
(Wien).

so dürfte es mir gelingen, Ihnen ein paar Anwendungen dieses Instrumentes und dabei das Wesen der andern früher genannten einigermassen zu erklären.

Um z. B. die Lage eines Gestirnes zu einer gewissen Zeit gegen den Horizont zu bestimmen, bewegt man das Fernrohr aus der Meridianstellung so lange im horizontalen und verticalen Sinne, bis das Bild des Sternes in den Fadenkreuzungspunkt fällt; dann gibt der durchlaufene Bogen am Horizontalkreis das sogenannte „Azimut“ (Abstand vom Meridian) und jener am Verticalkreis die Höhe über dem Horizont oder bezüglich die Distanz vom Zenith an, wodurch die momentane Lage des Sternes bezüglich des Horizontes bestimmt ist.

Würde man hiebei vorzugsweise die Höhe des Gestirnes mit besonderer Rücksicht auf die Uhrzeit beachten, oder die beiden Zeitmomente vergleichen, in denen ein Gestirn lange vor und nach dem Durchgange durch den Meridian die gleiche Höhe hat, so vertritt der Theodolith den „Höhenkreis“ zur Zeitbestimmung und Auffindung des sogenannten „Stundenwinkels“ des Gestirnes.

In der vorhin erwähnten Meridianstellung verharrend könnte ein solcher Theodolith auch als „Meridian-Instrument“ oder „Mittagskreis“ dienen. Denn jeder Stern, der bei dieser Fernrohrstellung unter irgend einem Höhenwinkel im Fadenkreuz erscheint, culminiert zu dieser Zeit, d. h. er hat seine grösste Höhe und seine kleinste Zenithdistanz; zieht man dann die bekannte „Aequatorhöhe“ von jener gefundenen Sternhöhe ab, so ergibt sich die für den Astronomen wichtige

„Declination“ (Abweichung) des Sternes vom Himmelsäquator.

Auch das „Mittags-“ oder „Passagerohr“ erfordert die bleibende Meridianstellung und so könnte der Theodolith auch als „portatives“ (tragbares) „Passage-Instrument“ dienen, teils um durch Culminationsbeobachtungen der Sonne den wahren Mittag zu finden und darnach die mittlere Uhrzeit des Ortes zu regulieren, teils um mit genauer Beachtung der richtigen Uhrzeit nach einander Sterne durch das Fadenkreuz¹⁾, also durch den Meridian, passieren zu lassen (woher der Name) und aus den bezüglichen Zeitanzeigen eine andere wichtige astronomische Bestimmungsgrösse zu finden.

Da jedoch beim Meridiankreis sowol als beim Passagerohr der Horizontalkreis des Theodolithen nicht zur Verwendung kommt, aber Beobachtungen im Meridian zu den wichtigsten gehören, so wendet man auf grösseren Sternwarten hiezu nicht den Theodolithen an, sondern grössere eigens zu diesem Zwecke stabil gebaute Teleskope, deren Verticalkreise in fixierter Meridianlage in bedeutenden Dimensionen und aufs sorgfältigste gearbeitet sind, und deren Axenlager auf zwei massiven Stein- oder Mauerpfeilern ruhen, welche

¹⁾ Für solche Beobachtungen besteht das Fadenkreuz aus mehreren gleichweit abstehenden Verticalfäden, deren mittlerer die Meridianlage bezeichnet, gekreuzt durch zwei einander sehr nahe Horizontalfäden, zwischen welchen man den Stern an den Meridianfaden herantreten lässt.

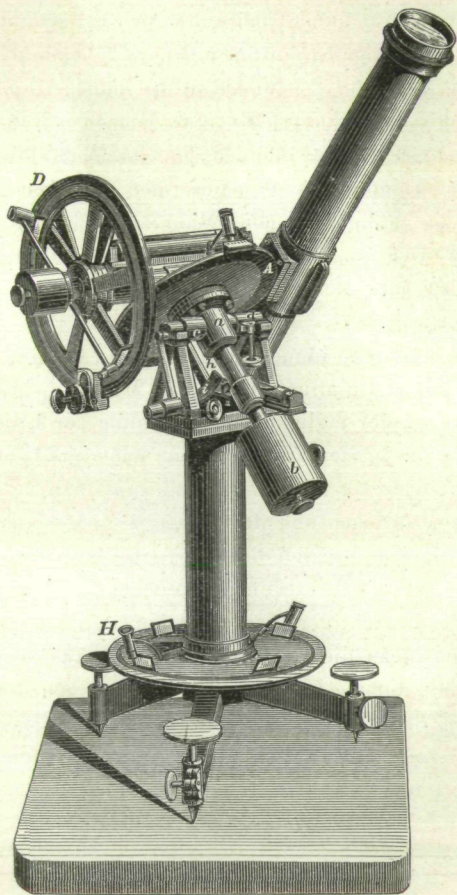
separat fundamētiert, mit dem Gebäude, worin sich das Teleskop befindet, nicht unmittelbar verbunden sind, so dass allfällige Erschütterungen an Teilen des Gebäudes auf das Instrument keinen Einfluss haben. Und um das Fernrohr nach allen im Meridian gelegenen Punkten des Himmels richten zu können, hat das Aufstellungslocal, das in Kuppelform ohnedies den höchsten Teil des Gebäudes bildet, an den Wänden und dem Plafond in der Richtung des Meridians eine Oeffnungsspalte, die durch eine Reihe von einzeln zu öffnenden Klappen gedeckt ist¹⁾.

Aber nicht immer kann man ein Gestirn im Momente seiner Culmination, also im Meridian, beobachten und wegen der täglichen Axondrehung der Erde kommt es auch in kurzer Zeit aus dem Fadenkreuz und dem Gesichtsfelde des Fernrohrs; man muss daher dieses bei längerer Beobachtung fortwährend dem scheinbar in einem Kreise parallel dem Aequator sich bewegenden Sterne in demselben Sinne nachrücken oder verschieben. Soll dies in richtiger Weise und continuirlich geschehen, so dient hiezu die sogenannte parallaktische²⁾ oder auch äquatoriale Construction, womit auch die in den Figuren 3, 6, 7, 10 und 11 dargestellten Teleskope versehen sind, und wovon ein solches Instrument auch häufig kurz „Aequatorial“ genannt wird.

1) Die Aufstellung solcher Teleskope sammt Kuppel durch entsprechende Zeichnungen von 4 Fuss Breite und $4\frac{1}{2}$ Fuss Höhe veranschaulicht.

2) Vom griechischen: „*parállaktos*“ = veränderlich.

Fig. 10.



Transportables „Aequatorial“. (Nach Müller.)

Hiebei ist (Fig. 10) die Drehaxe des Fernrohrs und des damit verbundenen Kreises (D) dem Himmelsäquator parallel und lässt sich selbst wieder um eine Axe (ab) drehen, welche die Lage der Welt- (oder Erd-) Axe haben soll und den sich mit ihr drehenden und darauf senkrechten Aequatorialkreis (A) trägt, dessen Ebene dann dem Himmelsäquator parallel ist. Jene Lage nach der Weltaxe ist bei grossen stabilen Instrumenten, wie z. B. bei jenen in den Figuren 3, 6 und 11, und auf grösseren Sternwarten, bereits ein für alle Mal unveränderlich fixiert¹⁾; bei transportablen Aequatorialen aber (wie in Fig. 7 und 10) muss jene Umdrehungsaxe erst in die Richtung der Weltaxe gebracht werden, was bei Fig. 10 durch Drehung um die verticale Stativaxe und dann um die horizontale Axe (cd) geschieht und am Horizontalkreise (H) und dem Verticalbogen (hi) abgelesen wird.

Denkt man sich um diese in richtiger Stellung fixierte Axe (ab) den Fernrohrkreis (D) in die verticale Lage (wie in Fig. 10) gedreht, so haben er und das Fernrohr die Lage des Ortsmeridians, also culminiert der zufällig im Fadenkreuz erscheinende Stern, und der Kreis zeigt dessen Lage gegen den Aequator, das ist seine Declination, an, weshalb er Declinationskreis heisst. Dreht man nun seine und des Fernrohrs gemeinschaftliche Axe mittelst des Aequatorkreises (A) um die Weltaxe (ab), so bleibt hiebei die optische Axe des Fernrohrs stets

¹⁾ Diesfalls ist die (Seite 201) erwähnte Kuppel auf Rollens ringsum drehbar, um durch die Oeffnungsspalte nach allen Seiten ausblicken zu können.

gegen diese Axe gleich geneigt¹⁾. Somit muss ein Stern, wenn derselbe bei ruhendem Instrumente nur durch die Axendrehung der Erde aus dem Gesichtsfelde gekommen ist, durch blosse Drehung des Fernrohrs mittelst des Aequatorkreises wieder im Gesichtsfeld erscheinen; und wenn diese Drehung sofort mit derselben Geschwindigkeit geschieht als der Stern sich scheinbar um die Weltaxe bewegt, so bleibt der einmal visierte Stern fortan im Fadenkreuz des Fernrohrs.

Um nun diese Bewegung mit vollkommen gleichmässiger und dem Sterne folgender Geschwindigkeit zu bewerkstelligen, kann der Aequatorialkreis mit einem Uhrwerk (siehe Fig. 3, 6 und 11) verbunden werden, welches denselben und mittelst der damit parallel verbundenen Drehaxe des Fernrohrs auch dieses in 24 Stunden einmal um die nach der Weltaxe gerichtete Axe (*ab*) zu drehen vermag. Hiebei zeigt dieser Kreis die seit der Culmination verstrichene Zeit an und heisst deshalb auch Stundenkreis. Mit Hilfe dieses und einer richtig gehenden Uhr kann man bei bekannter Culminationszeit einen Stern sogleich in das auf die Declination eingestellte Fernrohr bekommen, vorausgesetzt, dass er über dem Horizonte ist, wenn man dasselbe aus der Culminations- oder Meridianstellung mittelst des Stundenkreises so weit dreht, bis der letztere jene Stunde an-

¹⁾ Demonstriert an einem auf Holzstativ parallaktisch montierten dialytischen Fernrohr Plössl's von 4 Zoll Objectivöffnung und 300facher Vergrösserung.

zeigt, welche dem Unterschiede zwischen der Uhrzeit und der Culminationszeit des Sternes entspricht.

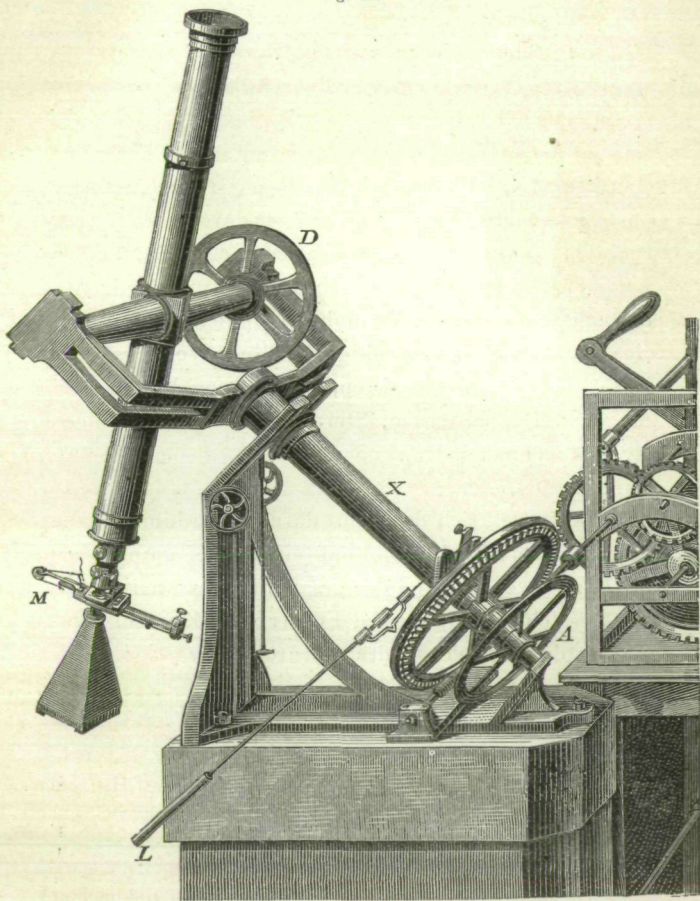
Eine solche „parallaktische“ Einrichtung am Fernrohr sammt Uhrwerk ist auch für die Zwecke der astronomischen Photographie notwendig, über die ich als eine neuere sehr wichtige Anwendung des Fernrohrs noch Einiges erwähnen möchte. Diese „Astrophotographie“ leistet besonders in dreifacher Hinsicht wichtige Dienste; nemlich: für die Kenntnis der physischen Gestalt der Himmelskörper durch deren naturgetreue Abbildung (Sonnen- und Mondphotographien)¹⁾, dann für die Kenntnis der gegenseitigen Stellung von Gestirnen (z. B. bei Sonnenfinsternissen, Mercur- und Venusdurchgängen²⁾, Doppelsternen, Sternbildern etc.) und endlich für vorzunehmende Messungen von Grössen- und Distanzverhältnissen, etc.

Es handelt sich dabei nur darum, vom himmlischen Objecte ein wirkliches Bild auf einer photographischen Platte zu erzeugen, und der gesammte hiezu nötige Apparat besteht: 1. aus einem Fernrohr, 2. einem Uhrwerk, durch welches das Fernrohr der scheinbaren Bewegung des Gestirnes folgt, und 3. der eigentlichen photographischen Vorrichtung.

¹⁾ So hat z. B. erst die Photographie (mit Hilfe des Stereoskops) den Beweis geliefert, dass die Sonnenflecken auf Vertiefungen im Lichtgewölke beruhen.

²⁾ Die Erscheinungen bei solchen Finsternissen und Durchgängen sind in neuerer Zeit von allen zu ihrer Beobachtung ausgesendeten Expeditionen vielfach photographiert worden.

Fig. 11.



Secchi's „Phototeleskop“ (Rom). (Nach Dr. Stein.)

Die Figur 11 zeigt ein solches „Phototeleskop“ des Astronomen P. Secchi in Rom. Das Fernrohr trägt am Ocularende die photographische Camera angeschraubt, an deren oberem Ende sich der durch elektromagnetische Kraft zu regierende Momentanverschluss (M) für die einfallenden Strahlen befindet; ein Uhrwerk treibt den Aequatorialkreis (A) und somit auch das Fernrohr (in 24 Stunden einmal) um die Weltaxe (x), und eine Lenkstange (L) dient, um die Verbindung von Uhrwerk und Teleskop beliebig herzustellen oder aufzuheben¹⁾.

Als Fernrohr hiezu kann jedes astronomische dienen, welches in äquatorial-parallaktische Stellung gebracht werden kann, und zwar sowol Linsen- als Spiegelteleskope. Letztere haben bei lichtschwachen Objecten den Vorzug wegen der durch grössere Spiegel zu erzielenden grösseren Lichtstärke; für hinreichend leuchtende Objecte aber, die gewöhnlich mehr Licht geben als nötig ist, so dass man nicht grosser Objectivgläser bedarf (und dieselben sogar zuweilen teilweise abblenden muss, wenn sie für die chemisch wirksamen Strahlen nicht besonders corrigiert sind) werden die Linsenfernrohre vorgezogen, zumal bei denselben das Ocular unten (statt oben wie bei den bisher gebräuchlichen Newton'schen) sich befindet und daher die Camera bequemer anzubringen ist. In dieser Beziehung hat also

¹⁾ Bei der Erklärung veranschaulicht durch eine Zeichnung der Fig. 11 von $4\frac{1}{2}$ Fuss Breite und $5\frac{1}{2}$ Fuss Höhe.

das neue „Brachy-Teleskop“ auch den Vorzug der bequemen Verwendbarkeit für die Astrophotographie.

Diese Anwendung des Fernrohrs datiert ihren Aufschwung seit 1852 durch den Astronomen Warren de la Rue in England mit seinem Reflector von 13 Zoll Oeffnung; ferner haben sich darin besonders berühmt gemacht die Astronomen Huggins in England, Bond in Amerika, und Secchi in Rom. Die bedeutendsten Erfolge aber in der astronomischen Photographie erzielte Rutherford in New-York mit einem Aequatorial von $11\frac{1}{4}$ Zoll Linsenöffnung durch Photographien des Mondes, des Sonnenspectrums, der Fraunhofer'schen Linien und besonders durch scharfe Markierung der Sonnenflecken; und neuestens hat der französische Astronom Janssen Sonnenbilder mit 30 Cm. Durchmesser erhalten, welche die kleinsten Einzelheiten der Oberfläche scharf anzeigen; wobei die Belichtung nicht mehr als $\frac{1}{3000}$ Secunde (im Sommer) dauerte.

Darüber und über manche andere Anwendung des Fernrohrs wäre noch Vieles zu sagen; aber die bereits sehr vorgerückte Zeit mahnt dringend zum Schlusse, daher will ich nur noch Ihnen, hochverehrte Anwesende, die Versicherung aussprechen, dass ich durch die unermüdete Aufmerksamkeit, die Sie meinen Worten nun durch so lange Zeit geschenkt haben, mich wahrhaft geehrt fühle.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Rumpf Jakob

Artikel/Article: [Ueber das Fernrohr. 157-208](#)