UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

335. Fernrohr

urn:nbn:de:hbz:466:1-83789

Visual Library

durch feine Schrauben bewegbare Schlitten, mit deren Hilfe das Objekt bequem durchmustert und zentriert werden kann. Unter dem Tisch sitzt in besonderer Fassung der Kondensor, der mit der Schraube *i* zentrisch oder exzentrisch eingestellt werden kann. Unter diesem sitzt die Irisblende, die durch Bewegen des Stiftes *g* geöffnet und geschlossen wird. Der ganze Träger des Mikroskops ist im Fuß des Stativs um die Achse *h* drehbar, um in geneigter Lage des Instruments bequem beobachten zu können.

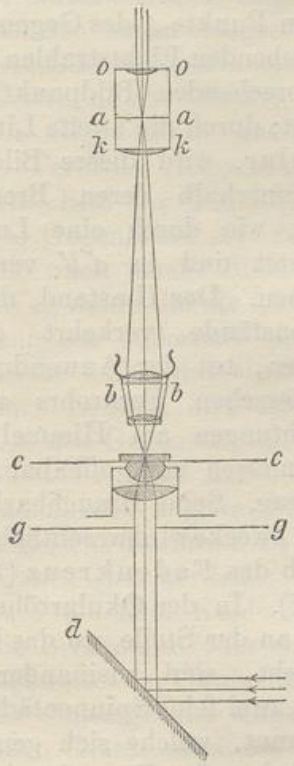


Fig. 348.

Strahlengang für einen auf der Achse gelegenen Objektpunkt durch Kondensor, Objektiv und Okular hindurch.

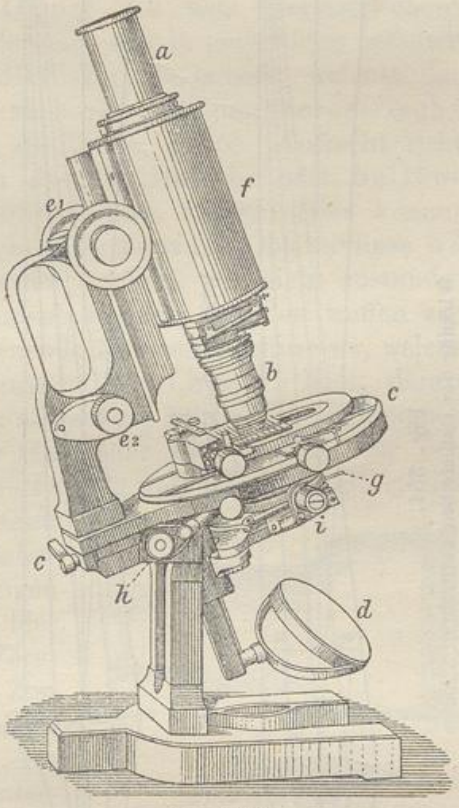


Fig. 349.

Modernes Mikroskop mit vollständiger Ausrüstung.

Die Vergrößerung des Mikroskops ist, wie man leicht aus Fig. 345 ersieht, das Produkt der von dem Objektiv und der von dem Okular erzeugten Vergrößerung. Sie ist um so größer, je kleiner die Brennweiten dieser beiden Systeme sind und je größer ihr Abstand, d. h. die Tubuslänge ist.

335. **Fernrohr** heißt jedes Instrument, durch welches man entfernte Gegenstände unter größerem Sehwinkel als mit freiem Auge und deshalb gleichsam näher gerückt sieht. Das Keplersche (1611) oder astronomische Fernrohr besteht dem Wesen nach aus zwei konvexen Linsen, einer größeren (*oo*, Fig. 350) von längerer Brennweite, welche am vorderen Ende eines Rohres von entsprechender

Länge eingeschraubt ist, und einer kleineren ($v\,v$) von kürzerer Brennweite, welche in eine engere Röhre gefaßt ist, die sich in einer am hinteren Ende jenes Rohres angebrachten Hülse verschieben läßt. Die erstere Linse, welche dem zu betrachtenden Gegenstande zugewendet wird, das Objektiv, entwirft in der Nähe ihres Brennpunktes von einem weit entfernten Gegenstand $A\,B$ ein umgekehrtes Bildchen $a\,b$, indem sie die von einem Punkte A des Gegenstandes ausgehenden Lichtstrahlen in dem entsprechenden Bildpunkt a vereinigt; durch die zweite Linse, das Okular, wird dieses Bild, weil es innerhalb deren Brennweite liegt, wie durch eine Lupe betrachtet und in $a'\,b'$ vergrößert gesehen. Der Umstand, daß alle Gegenstände verkehrt gesehen werden, tut der Anwendung des Keplerschen Fernrohrs zu Beobachtungen am Himmel, beim Feldmessen usw. offenbar keinen Eintrag. Seine Brauchbarkeit für diese Zwecke wird wesentlich erhöht durch das Fadenkreuz (Auzout, 1667). In der Okularröhre nämlich, an der Stelle, wo das Bild $b\,a$ entsteht, sind zueinander senkrecht zwei feine Spinnenfäden ausgespannt, welche sich genau auf der Achse des Fernrohrs kreuzen. Erscheint das Bild eines entfernten Punktes, z. B. eines Sternes, am Kreuzungspunkt der Fäden, so ist die Achse des Fernrohrs genau auf jenen Punkt gerichtet; und ihre Stellung gibt die vom Auge nach dem Punkt gezogene Visierlinie an. Das Keplersche Fernrohr ist daher als Visierrohr an allen Winkelmeßinstrumenten angebracht. Als Beispiel sei der zur Messung horizontaler und vertikaler Winkel dienende Theodolit angeführt (vgl. Fig. 140). Eine wagrechte um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe, der Alhidadenkreis, trägt ein um eine horizontale Achse drehbares Fernrohr; zwei diametral gegenüberstehende Nonien des drehbaren Kreises zeigen auf einen ihn umgebenden feststehenden



Fig. 351. Wirkung des Galileischen Fernrohrs.

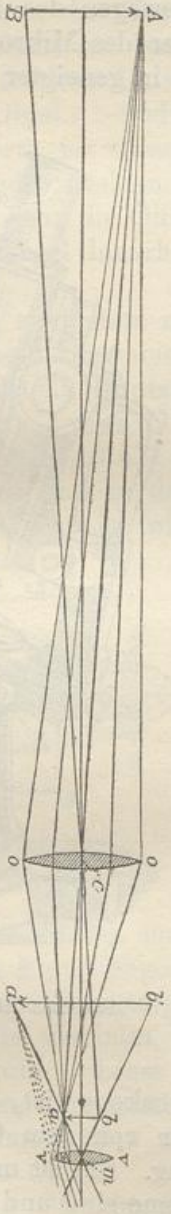


Fig. 350. Wirkung des Keplerschen Fernrohrs.

Kreisring (Limbus), der, an seinem Umfang in Grade geteilt, zur Messung horizontaler Winkel bestimmt ist. Ein auf der wagrechten Achse des Fernrohrs befestigter Kreis gestattet an einem feststehenden Nonius vertikale Winkel abzulesen.

Während die umgekehrte Lage der Bilder bei Himmelsbeobachtungen und beim Visieren gleichgültig ist, wirkt sie dagegen störend, wenn es sich bloß um das Betrachten entfernter irdischer Gegenstände handelt. Diesem Übelstand wird abgeholfen, indem man das lupenähnlich wirkende astronomische Okular mit dem „terrestrischen" Okular, einem schwach vergrößernden, aus vier in eine Röhre gefaßten Konvexlinsen zusammengesetzten Mikroskop, vertauscht, welches das verkehrte Bild nochmals umkehrt; so erhält man das terrestrische oder Erdfernrohr (Schyrl, 1645; de Rheita, 1665). Aufrecht sieht man die Gegenstände auch durch das Galileische oder holländische Fernrohr (Lippershey, 1608; Galilei, 1609). Hier kommt das reelle Bild $b\,a$ (Fig. 351), welches die konvexe Objektivlinse $o\,o$ von dem Gegenstand $A\,B$ zu entwerfen trachtet, gar nicht zustande; denn die nach jenem Bilde zusammenlaufenden Strahlen treffen auf ihrem Weg dahin die als Okular dienende Zerstreuungslinse $v\,v$, welche sie, wenn $b\,a$ außerhalb der Brennweite der Linse $v\,v$ liegt, derart auseinander lenkt, daß sie von dem aufrechten Bild $a'\,b'$ herzukommen scheinen. In Fig. 351 ist dieser Gang der Lichtstrahlen für den Punkt A des Gegenstandes zur Anschauung gebracht. Da ein reelles Bild nicht zustande kommt, so kann kein Fadenkreuz angebracht und daher das Galileische Fernrohr zu Messungen nicht gebraucht werden. Auch hier muß, wie bei dem Keplerschen Fernrohr, die Brennweite (oder richtiger Zerstreuungsweite) der Okularlinse geringer sein als diejenige des Objektivs. Da die beiden Gläser etwa um den Unterschied ihrer Brennweiten voneinander entfernt sind, so zeichnet sich das Galileische Fernrohr vor dem Keplerschen, wo Objektiv und Okular um die Summe ihrer Brennweiten voneinander abstehen, durch seine geringe Länge aus und eignet sich daher vorzüglich zu schwach vergrößernden Taschenfernrohren, welche als Operngucker (mit zwei- bis dreimaliger Vergrößerung) und als Feldstecher (20—30 fache Vergrößerung) allgemein bekannt sind. Die Fig. 352 zeigt die Einrichtung eines gewöhnlichen Theaterperspektivs. In ein Rohr, welches an seinem erweiterten Ende die Objektivlinse $o\,o$ trägt, ist andererseits eine Hülse $b\,b$ eingeschraubt, in welcher das Rohr c mit der Okularlinse $a\,a$ verschoben werden kann. Je näher der betrachtete Gegenstand dem Beschauer ist, desto weiter muß man das Okularrohr herausziehen, um ein deutliches Bild zu erhalten.

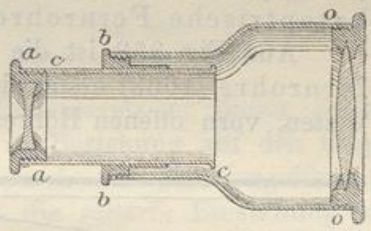


Fig. 352.
Theaterfernrohr.

Ein drittes Verfahren, um aufrechte Bilder mit einem Fernrohr zu erhalten, besteht darin, daß man zwischen Objektiv und Okular in

der Anordnung des astronomischen Fernrohrs ein System von ebenen spiegelnden Flächen einschaltet, die so gegeneinander gekreuzt sind, daß sie eine vollständige Bildumkehrung bewirken und zugleich das Licht in die ursprüngliche Sehrichtung zurückwerfen. Diese Möglichkeit ist durch die doppelte Anwendung des rechtwinklichen Winkelspiegels gegeben. Wir haben oben (323) gesehen, daß in einem solchen Spiegel durch die zweimalige Reflexion ein Bild entsteht, das umgekehrt ist in bezug auf die Spiegelkante. Läßt man das aus dem ersten Winkelspiegel tretende Licht, das dem einfallenden Licht entgegenläuft, auf einen zweiten Winkelspiegel fallen, dessen Kante senkrecht zur Kante des ersten steht, so wird das Licht durch diesen in die ursprüngliche Sehrichtung zurückgelenkt und zugleich umgekehrt in bezug auf die zweite Kante, wodurch eine vollständige Umkehrung erzielt ist. Als Winkelspiegel werden bei diesen Instrumenten rechtwinklige, totalreflektierende Glasprismen verwandt. (Porro, 1851; Doppelfernrohre der Firma Zeiß, 1895).

Diese nur aus Glaslinsen zusammengesetzten Fernrohre nennt man dioptrische Fernrohre oder Refraktoren, wobei man den letzteren Namen mit Vorliebe auf große astronomische Instrumente dieser Art anwendet. Wegen des durchaus ähnlichen Verhaltens der konvexen Linsen einerseits und der Hohlspiegel andererseits lassen sich auch Fernrohre herstellen, in welchen ein Hohlspiegel die Rolle der Objektivlinse übernimmt; man nennt sie Spiegelteleskope, katoptrische Fernrohre oder Reflektoren.

Aus Fig. 353 ist die Einrichtung des Newtonschen Spiegelfernrohrs (1663) ersichtlich. Der in den Boden eines entsprechend weiten, vorn offenen Rohres eingesetzte Hohlspiegel *s s* würde die von einem entfernten Gegenstand kommenden Lichtstrahlen zu einem verkehrten Bildchen bei *a* sammeln; ehe jedoch ihre Vereinigung daselbst stattfindet, werden sie durch einen unter 45° zur Achse des Rohres geneigten ebenen Spiegel *p* zur Seite geworfen, so daß das Bildchen nach *b* zu liegen kommt, wo es durch eine konvexe Okularlinse wie durch eine Lupe betrachtet werden kann. Die Zurückwerfung des Bildchens nach seitwärts ist deswegen notwendig, weil, wenn man das Bildchen *a* unmittelbar von vorn zu betrachten versuchte, der Kopf des Beobachters dem Spiegel *s s* das Licht

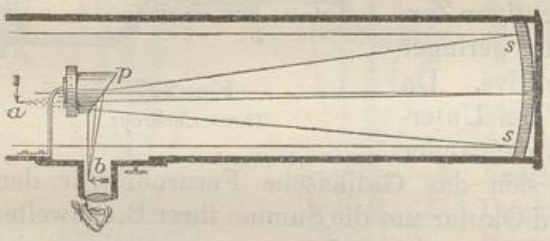


Fig. 353.
Newtons Spiegelfernrohr.

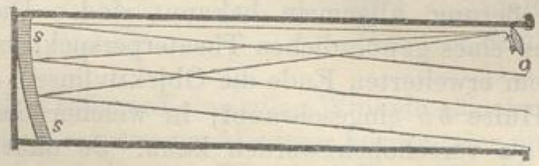


Fig. 354.
Herschels Spiegelfernrohr.

entziehen würde. Bei den Riesenteleskopen von Herschel (1795) und Lord Rosse, deren Spiegel 1—2 m Durchmesser hatten, war ein solches zweites Spiegelchen und somit auch der von ihm herbeigeführte Lichtverlust durch einen einfachen Kunstgriff vermieden. Der Hohlspiegel $s\,s$ (Fig. 354) ist nämlich gegen die Achse des Rohres ein wenig geneigt, so daß das Bildchen nahe an den Rand des Rohres zu liegen kommt und daselbst durch eine Okularlinse o betrachtet werden kann. Dabei tritt freilich der Kopf des Beobachters teilweise vor die Öffnung des Rohres, was aber bei dem großen Durchmesser des Spiegels von geringem Belang ist. Herschel nannte sein Instrument Front view telescope, d. h. Vornschau-Fernrohr. Bei Benutzung des Newtonschen Spiegelfernrohrs hat der Beobachter den betrachteten Gegenstand zur Seite, bei einem Vornschau-Fernrohr wendet er ihm gar den Rücken zu. Sowohl dieser Umstand, welcher das unmittelbare Anvisieren ausschließt, als auch die umgekehrte Lage der Bilder machen diese Instrumente für die Betrachtung irdischer Gegenstände unbequem. Bei dem Gregoryschen Spiegelfernrohr (1663; Fig. 355 sind diese Übelstände vermieden. Der Hohlspiegel $s\,s$ ist nämlich in der Mitte kreisförmig durchbohrt und die Okularlinse in einer Röhre hinter dieser Öffnung angebracht. Das umgekehrte Sammelbildchen eines entfernten Gegenstandes entsteht bei a, etwas außerhalb der Brennweite eines kleinen Hohlspiegels v; dieser entwirft in b ein nochmals umgekehrtes, also in Beziehung auf den Gegenstand aufrechtes Bild, welches nun durch das als Vergrößerungsglas wirkende Okular betrachtet wird; die scharfe Einstellung wird durch Verschiebung des Spiegelchens v mittels der ein Schraubengewinde tragenden Stange $m\,n$ bewirkt.

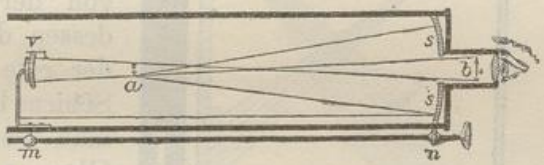


Fig. 355.
Gregorys Spiegelfernrohr.

Nur bei Herstellung ganz großer Instrumente bieten die Spiegelfernrohre Vorteile vor den Linsenfernrohren. Die kleineren Spiegelfernrohre waren namentlich früher, als man die Objektivlinsen noch nicht mit wünschenswerter Vollkommenheit herzustellen verstand, allgemeiner verbreitet; sie leiden jedoch an Lichtschwäche und können heutzutage die Konkurrenz mit den Linsenfernrohren nicht mehr bestehen, obgleich auch sie in neuerer Zeit durch Anwendung versilberter Glasspiegel statt der gegossenen Metallspiegel wesentlich verbessert worden sind.

Die Vergrößerung eines Fernrohrs wird ausgedrückt durch das Verhältnis des Sehwinkels $a'm\,b'$ oder $a\,m\,b$ (Fig. 350 und 351), unter welchem das Bild $a'\,b'$ dem dicht an das Okular gehaltenen Auge erscheint, zu dem Sehwinkel $A\,c\,B = a\,c\,b$, unter welchem der Gegenstand ohne Fernrohr gesehen würde. Sind diese Winkel, wie in Wirklichkeit immer, sehr klein, so verhalten sie sich wie die Abstände des reellen Bildes $a\,b$ von dem Objektiv einerseits und dem

Okular andererseits, oder, da $a\,b$ sehr nahe an den Brennpunkten dieser Linsen liegt, wie die Brennweite F des Objektivs zur Brennweite f des Okulars. Die Vergrößerung ist also nahezu $= F/f$.

Da das Bild eines Punktes immer auf dem zugehörigen Achsenstrahl liegt, so können durch ein Fernrohr nur solche Punkte gesehen werden, deren Achsenstrahlen noch durch das Okular gehen. Das Gesichtsfeld eines Fernrohrs wird daher von einem Strahlenkegel begrenzt, der den optischen Mittelpunkt des Objektivs zur Spitze und das Okular zur Grundfläche hat.

336. **Farbenzerstreuung** (Dispersion). Durch eine kleine Öffnung b (Fig. 356) des Fensterladens lasse man ein Bündel Sonnenstrahlen in ein verdunkeltes Zimmer eintreten und bedecke die Öffnung mit einem roten Glas. Das Strahlenbündel ist nun rot gefärbt und erzeugt auf einem in seinen Weg gestellten weißen Papierschirm einen hellen roten Fleck bei d. Stellt man nun ein Prisma (bei s im Grundriß dargestellt) in den Weg des Lichtbündels, so wird dieses von der Kante des Keils weg nach dessen dickem Teil zu gebrochen, und der rote Lichtfleck erscheint auf dem Schirm bei r seitwärts von d. Bedeckt man die Öffnung mit einem violetten Glas, so erscheint auf dem Schirm der violette Lichtfleck v weiter zur Seite geschoben als vorhin der rote, und nehmen wir ein grünes Glas, so erscheint jetzt der grüne Lichtfleck zwischen den beiden Stellen r und v, an welchen der rote und der violette erschienen waren. Daraus geht hervor, daß verschiedenfarbige Lichtarten durch das Prisma verschieden stark gebrochen werden und zwar das grüne Licht stärker als das rote, das violette Licht stärker als das grüne. Läßt man nun ohne Anwendung eines farbigen Glases das weiße Sonnenlicht auf das Prisma fallen, so gewahrt man auf dem Schirm ein von r bis v sich erstreckendes farbiges Band, welches rot ist an der Stelle, wo vorhin der rote Fleck hinfiel, und violett, wo der violette Fleck sich gezeigt hatte, und in welchem von r bis v der Reihe nach die Farben Rot, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau, Violett (die bekannten Regenbogenfarben) wahrgenommen werden. Dieses Farbenband wird Spektrum genannt. Aus diesem Versuch muß geschlossen werden, daß das weiße Sonnenlicht aus verschiedenfarbigen Lichtarten zusammengesetzt ist; diese werden durch das Prisma verschieden stark gebrochen, und zwar in der Reihenfolge vom Rot bis zum Violett immer stärker, und, indem sie nach den ihrer Brechbarkeit entsprechenden verschiedenen Stellen des Schirmes gelangen, voneinander getrennt. Diese Zerlegung des weißen oder überhaupt des zusammengesetzten

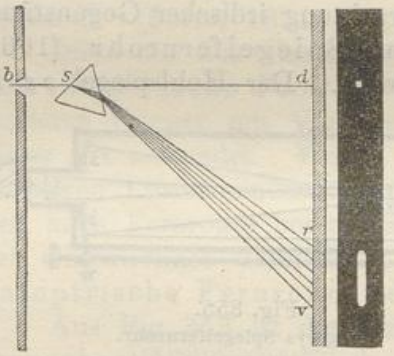


Fig. 356.
Entstehung des Spektrums.