

II. Reflexion des Lichtes.

Einleitung.

Gebraucht wird: Reflexionsgoniometer; schwarze Glasplatte; Klebwachs; Glasprisma von 45° ; ein Stück Kalkspat. Optische Bank; Hohlspiegel; matte Glasplatte; Papierschirm; Beleuchtungslampe mit Schwarzblecheylinder, Augenspiegel, Papierblatt. Zwei Kerzen mit Stativen, Ablesefernrohr mit Skala, Konkavspiegel, Skala mit Stativ (S. 249).

Trifft ein in einem Medium (1), etwa Luft, fortschreitender Lichtstrahl, der von f kommt (Fig. 135), eine ebene Fläche, die einen zweiten Körper (2), etwa Glas, begrenzt, so wird ein Teil des Lichtes zurückgeworfen, reflektiert, ein anderer dringt in das zweite Medium ein. Man errichtet in dem Punkte n , welcher von dem einfallenden Lichtstrahl getroffen wird, eine Senkrechte np auf der Trennungsfläche (das Einfallslot); der Winkel, den der einfallende Strahl fn mit dem Einfallslot bildet, heißt der Einfallswinkel i , derjenige, den der reflektierte Strahl nd mit demselben bildet, der Reflexionswinkel r . Es gelten folgende Sätze:

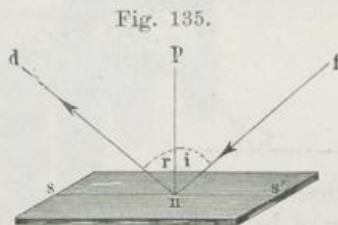


Fig. 135.

1. Der einfallende Strahl fn , das Einfallslot np und der reflektierte Strahl nd liegen in einer Ebene.

2. Der Einfallswinkel i ist gleich dem Reflexionswinkel r .

3. Das Bild eines Gegenstandes in einem ebenen Spiegel liegt ebenso weit hinter dem Spiegel, wie der Gegenstand sich vor demselben befindet.

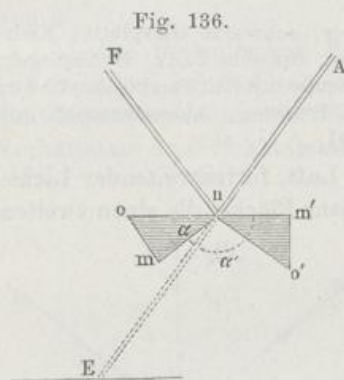
Das Auge verlegt den Gegenstand dahin, wo die nach der Reflexion in das Auge fallenden Strahlen sich zu schneiden scheinen. Treffen sich, wie bei dem ebenen Spiegel, die Strahlen nicht wirklich in einem Punkte, sondern nur deren Verlängerungen nach rückwärts, so spricht man von einem virtuellen Bilde. Reelle Bilder sind solche, bei denen die Lichtstrahlen sich wirklich durchkreuzen (vgl. bei Linsen).

4. Die Bilder bei ebenen Spiegeln sind virtuelle Bilder.

1. Reflexionsgoniometer.

Prinzip. Um den Winkel α zwischen zwei ebenen spiegelnden Flächen nm und no , z. B. an einem Prisma (Kristall), zu messen, läßt

man dasselbe Lichtstrahlenbündel in derselben Richtung einmal von der einen, dann nach Drehung des Prismas um die Schnittlinie der beiden Flächen von der anderen Fläche reflektieren; der Winkel α' , um den man dabei das Prisma drehen muß, ergänzt den zu messenden α zu 180° . Blickt etwa das Auge, Fig. 136, in der Richtung AE dicht an dem Prisma onm vorbei nach der festen Marke E , so erhält es gleichzeitig Strahlen, die aus der Richtung Fn auf die Prismasfläche on fallen und von dieser nach nA hin reflektiert werden, und solche, die von E kommen. Dreht man das Prisma um eine zu der Ebene EFA



(Zeichnungsebene) senkrechte Achse um einen Winkel α' , und zwar so lange, bis es in eine solche Lage $o'nm'$ gekommen ist, daß die von F kommenden Strahlen von der Fläche nm' nach nA hin reflektiert werden, wobei sie dem Auge aus derselben Richtung, wie die von E zu kommen scheinen, so liegt die Ebene nm' parallel zu no . Offenbar ist:

$$\alpha = 180^\circ - \alpha'.$$

Liegt die Ebene EFA vertikal, also die Kante n und die ihr parallele Drehungsachse des Prismas horizontal, so scheint der Punkt F dem in A befindlichen Auge sich bei der Drehung des Prismas in vertikaler Richtung zu bewegen.

Apparat. 1. Das Goniometer nach Wollaston, Fig. 137. Mittels des Knopfes G läßt sich die geteilte Scheibe E um eine horizontale Achse drehen und ihre Stellung an einem Index am Arme QR ablesen. Sie läßt sich an der Kreisplatte F durch die Druckschraube STU festklemmen¹⁾. An der durch G hindurchgehenden, mit dem Knopfe I verbundenen Achse ist der Bügel KLM befestigt, der die in der Hülse N drehbare Achse OO' trägt. Bei O' wird das Prisma a mit etwas Klebwachs oder besser in einer mit einem Kugelgelenk an der Achse OO' sitzenden Zange befestigt.

Dem Apparate gegenüber wird die Vertikalrichtung und eine bestimmte Höhe bezeichnet, etwa durch den vertikalen Stab und eine Quersprosse eines Fensterkreuzes. Statt das Fenster zu benutzen, kann man an einer Zimmerwand eine helle Marke x anbringen, von deren Mitte ein Lot mit weißem Faden herabhängt.

2. Das Goniometer nach E. Mitscherlich (1794 bis 1863) (vgl. weiter unten bei Spektrometer).

Übung. Messung von Prismenwinkeln mit dem Wollastonschen Goniometer.

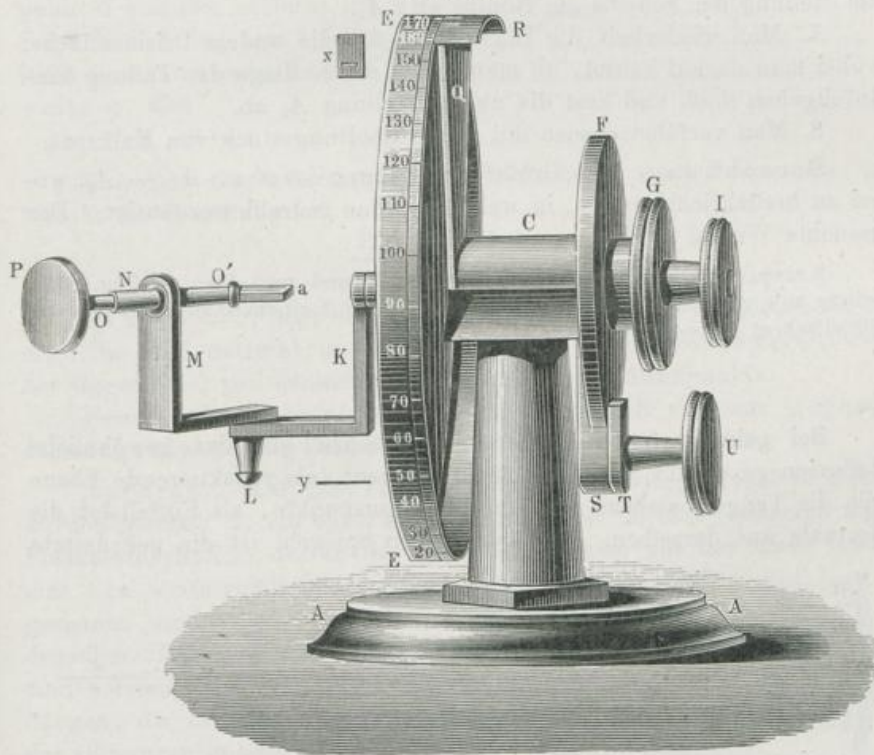
¹⁾ Die bei manchen Reflexionsgoniometern, wie bei dem hier abgebildeten, getroffene Einrichtung FST dient zu Repetitionsmessungen.

Übung. 1. Man stellt das Goniometer so auf, daß die durch die Marke oder die Mitte des Fensterkreuzes gehende und zu diesem senkrecht stehende Vertikalebene zu der Scheibe *EE* parallel ist.

2. Auf dem Tische befestigt man mit etwas Klebwachs unmittelbar vor dem Apparate ein Stück schwarzen Glases *y*, dessen Normale parallel der Ebene *EE* liegt.

3. Man stellt die Scheibe *F* fest, dreht den Arm *M* um den Punkt *L*, bis die Achse *OO'* in die Verlängerung der Achse *C* fällt (bis

Fig. 137.



beim Drehen an *I* der Knopf *P* nicht schleudert), und richtet das an *O'* befestigte Prisma *a* so, daß die Kante, in der die beiden Flächen, deren Winkel man bestimmen will, zusammenstoßen, der Drehungsachse angenähert parallel ist.

4. Man bringt das Auge dem Prisma ziemlich nahe, sucht unter Drehen an *G* das von einer Prismenfläche reflektierte Bild der Fenstersprosse bzw. der Marke *x* und neigt die Glasplatte *y* so, daß man in ihr das Spiegelbild derselben Sprosse bzw. der Marke neben der auf der Prismenfläche gesehenen erblickt, wobei man in dem Bilde auf die Entfernung der vertikalen Fenstersprosse bzw. des Lotes von dem Rande der Prismenfläche achtet.

5. Man dreht das Prisma, bis man das von der anderen Prismenfläche reflektierte Bild derselben Fenstersprosse oder der Marke neben dem Spiegelbilde in y sieht. Dabei soll das Bild der vertikalen Sprosse oder des Lotes an derselben Stelle wie vorhin liegen. Ist dies nicht der Fall, so liegt die Kante der Achse noch nicht parallel. Man führt dies durch Neigen des Prismas und einiges Hin- und Herdrehen herbei.



6. Man bringt die Bilder in der einen Prismenfläche und in dem Spiegel y genau in gegenseitige Verlängerung und liest die Stellung der Scheibe am Nonius ab: A_1 .

7. Man wiederholt die Einstellung für die andere Prismenfläche, wobei man darauf achtet, ob man durch die Nulllage der Teilung hindurchgehen muß, und liest die zweite Stellung A_2 ab.

8. Man verfährt ebenso mit einem Spaltungstück von Kalkspat.

Berechnung. Die Größe der Drehung ist $\alpha' = A_1 - A_2$, wobei zu berücksichtigen ist, in welchem Sinne gedreht worden ist. Der gesuchte Winkel ist dann $\alpha = 180 - \alpha'$.

Beispiel: Die Übung wird ausgeführt zuerst mit einem kleinen Glasprisma mit vollkommen ebenen Flächen, dann mit einem Spaltungstück von isländischem Doppelspat.

2. Hohlspiegel.

Bei gekrümmten reflektierenden Flächen gilt das gewöhnliche Reflexionsgesetz für jedes Oberflächenelement, als reflektierende Ebene gilt die Tangentialebene an dem Reflexionspunkte, als Einfallslot die Normale auf derselben. Bei sphärischen Spiegeln ist die gekrümmte

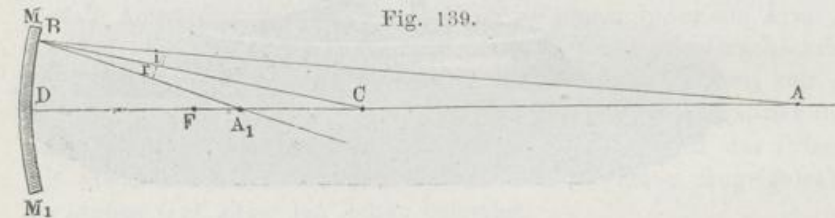


Fig. 139.

Fläche eine Kugelfläche. Die Spiegel sind konkav (Hohl- oder Sammelspiegel), wenn die Innenfläche der Kugel, konvex (erhabene oder Zerstreuungsspiegel), wenn die Außenfläche als spiegelnde Fläche dient. Das Einfallslot hat die Richtung des Radius.

Ist C (Fig. 139) der Mittelpunkt derjenigen Kugel, von deren Oberfläche der Hohlspiegel MM_1 ein Stück ist, so ist $CD = CB = r$ ein Radius; die Strahlen, die von einem in A in der Entfernung $AD = a$ (Gegenstandsweite) vom Spiegel gelegenen Gegenstande auf den Spiegel fallen, z. B. der Strahl AB , werden so reflektiert, daß Winkel $i = r$ ist. Der durch den Mittelpunkt gehende, senkrecht auf den Spiegel fallende Strahl AD wird in sich selbst zurückgeworfen; die reflektierten

Strahlen schneiden sich in A_1 in der Entfernung $DA_1 = b$ vor dem Spiegel; hier entsteht also ein Bild, und zwar ein reelles des Gegenstandes ($b = \text{Bildweite}$). Liegt umgekehrt der Gegenstand in A_1 , so entsteht das Bild in A . Treffen die Strahlen parallel auf den Spiegel, kommen sie also aus sehr großer Entfernung, wie in Fig. 140, so vereinigen sie sich in dem sogenannten Brennpunkte F . Derselbe liegt halb so weit vom Spiegel, als der Mittelpunkt C von ihm entfernt ist. Seine Entfernung vom Spiegel heißt die Brenn- oder Fokalweite φ , also

$$\varphi = \frac{1}{2}r.$$

Zwischen Gegenstandsweite a , Bildweite b und Brennweite φ besteht die Beziehung:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{\varphi}.$$

Ist z. B. $a = r$, liegt also der Gegenstand in C , so ist auch $b = r$, d. h. das Bild entsteht in der gleichen Entfernung vom Spiegel, wie der Gegenstand von demselben absteht, d. h. im Mittelpunkte.

Ferner gilt der Satz: Die Bildgröße verhält sich zur Gegenstandsgröße wie die Bildweite zur Gegenstandsweite.

Apparat. Auf die Träger der optischen Bank (vgl. S. 236) werden gesetzt: 1. ein sphärischer Hohlspiegel; 2. eine Gaslampe mit Eisenblechcylinder, der in der Höhe der Flamme auf der einen Seite eine 1 cm weite runde Öffnung O trägt, über welche Drähte gespannt sind (Fig. 141). Ein zweiter Cylinder hat in derselben Höhe eine sehr kleine Öffnung. An die Cylinder sind horizontale Arme angenietet, von denen Senkel herabhängen, die auf der Teilung der optischen Bank die Lage der Öffnungen anzeigen. Die Lampe steckt in einem horizontalen, etwa 8 cm langen Arme und wird in dem Träger so befestigt, daß sie seitlich neben der Mittellinie der optischen Bank steht; 3. ein großer Papierschirm oder eine kleine matte Glastafel.



Fig. 141.

1. Prüfung der Gesetze des Hohlspiegels.

Man prüft die Gesetze in ganz derselben Weise, wie dies für die Linsengesetze S. 279 angegeben ist.

2. Bestimmung der Brennweite eines Augenspiegels.

Zur Beleuchtung bei Untersuchungen der Netzhaut, der Nase, des Kehlkopfes usw. dienen Hohlspiegel (Augen-, Nasen-, Kehlkopf-

spiegel), welche in der Mitte durchbohrt sind. Die Strahlen einer Lampe, welche seitlich neben dem Kopfe des zu Untersuchenden steht, werden durch den Hohlspiegel auf die zu untersuchende Stelle geworfen, während der Untersuchende durch die Spiegelöffnung blickt und auf die erleuchteten Stellen, eventuell durch Linsen unterstützt, akkomodiert. Die Brennweite des Hohlspiegels muß je nach den Verhältnissen eine verschiedene sein; sie wird in folgender Weise bestimmt.



Übung. 1. Ein Blatt weißen Kartonpapiers V (Fig. 142) wird rechtwinkelig umgebogen und vertikal so neben der Flamme einer Kerze K befestigt, daß die Ebene der einen Hälfte VR gerade durch die Mitte der Flamme geht, die andere RS zwischen der ersten Hälfte und der Flamme als beschattende Zwischenwand steht.

2. Man hält den Hohlspiegel A so vor die Karte, daß auf derselben bei B ein deutliches Bild der Flamme entsteht, das dann dieselbe Größe wie die Flamme selbst hat. Man mißt die Entfernung C des Spiegels von der Papierfläche.

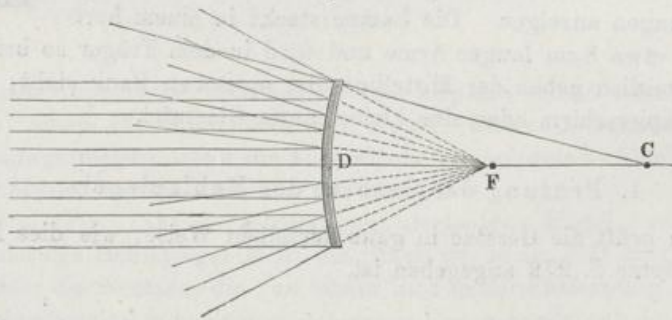
Dann ist nach S. 247 C der Abstand von Spiegel und Flamme gleich dem Radius, die Brennweite ist also:

$$\varphi = \frac{1}{2} C.$$

3. Konvexspiegel.

Konvexspiegel (vgl. S. 246) liefern virtuelle Bilder. Fallen auf einen Konvexspiegel parallele Strahlen, Fig. 143, so werden sie reflek-

Fig. 143.



tiert (zerstreut), als kämen sie von einem Punkte F , der um den halben Radius $DC = r$ hinter dem Spiegel liegt. Seine Entfernung $DF = \varphi = \frac{1}{2} r$ heißt die Zerstreungswerte des Spiegels.

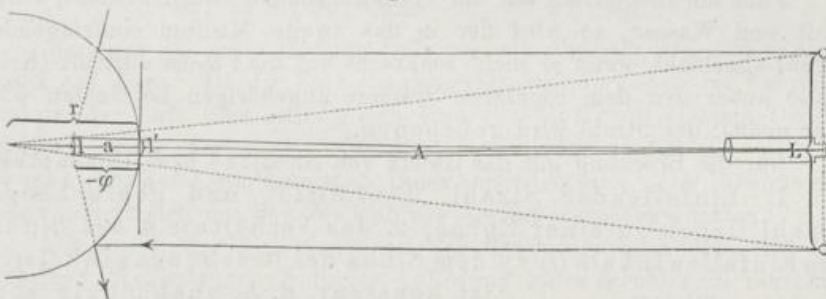
Zwischen Gegenstandsweite A , Bildweite a und Zerstreuungswerte φ besteht die Beziehung:

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{-a} = \frac{1}{-\varphi}.$$

Bestimmung des Radius r eines Konvexspiegels.

Prinzip. Die von einem Gegenstande L (Gegenstandsgröße) (Fig. 144), der in der Entfernung A vor dem Spiegel steht, vom Spiegel reflektierten Strahlen verlaufen so, als ob sie von einem Gegenstande l kämen, der in der Entfernung a hinter dem Spiegel liegt. Einem von L her gegen den Spiegel blickenden Auge erscheint das Bild des Gegen-

Fig. 144.



standes also in der Größe l' auf einer Skala, die den Spiegel bei l' berührt. Zwischen r , l' , L und A besteht die Beziehung:

$$r = \frac{2l' A}{L - 2l'}.$$

Übung. 1. Man stellt ein Ablesefernrohr mit seiner Skala in hinreichend großer Entfernung A vor dem Konvexspiegel auf und stellt an die Enden der Skala je eine Flamme oder Glühlampe, deren Entfernung L voneinander die Gegenstandsgröße darstellt.

2. Man richtet das Fernrohr auf die Bilder der Flammen in dem Spiegel.

3. Man befestigt vor dem Spiegel in horizontaler Richtung eine Skala so, daß man im Fernrohr die Spitzen der Flammenbilder gerade bis zur Skala reichen sieht.

4. Man liest den Abstand l' der Bilder auf der Skala durch das Fernrohr ab¹⁾.

Aus den gemessenen Größen ergibt sich r nach der Formel.

Bemerkung. Diese Methode liegt der in der Ophthalmologie zur Bestimmung der Krümmung der Hornhaut benutzten zugrunde.

¹⁾ Mittels des Ophthalmometers von H. Helmholtz kann man die Entfernung der beiden erwähnten Bilder noch genauer messen.