



Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

342. Achromatismus

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

Der Unterschied zwischen den Brechungsverhältnissen der äußersten Strahlen oder der Linien *B* und *H* kann als Maß für die Farbenzerstreuung angesehen werden. Während hiernach für Kronglas (d. h. das gewöhnliche zu optischen Zwecken verwendete Glas) die Farbenzerstreuung 0,021 beträgt, macht sie für Flintglas (Bleiglas) 0,043, also ungefähr das Doppelte aus. Als mittleres Brechungsverhältnis nimmt man gewöhnlich dasjenige für die Linie *E* an.

341. **Spektrometer.** Die soeben erwähnten Messungen im Spektrum werden nach der Methode der kleinsten Ablenkung durch Goniometer ausgeführt, welche man deswegen insbesondere Spektrometer (Fig. 364) nennt. Ein (Keplersches) Fernrohr mit Fadenkreuz ist nach der Mitte eines horizontalen Teilkreises gerichtet und mit dessen vertikaler Drehachsse fest verbunden. Ein zweites mit seiner Achse ebenfalls nach der Mitte des Kreises gerichtetes Rohr, der Kollimator, trägt an seinem äußeren Ende einen vertikalen Spalt, an seinem inneren Ende eine konvexe Linse, in deren Brennebene der Spalt

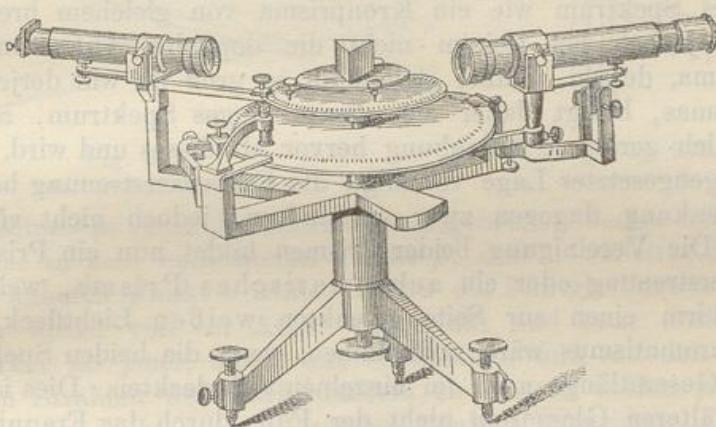


Fig. 364.
Spektrometer.

liegt, so daß die von einem Punkt des Spaltes kommenden Strahlen die Kollimatorlinse als parallele Bündel verlassen. Der Spalt ist hierdurch gleichsam in unendliche Ferne gerückt, und wird am Fadenkreuz des auf unendlich eingestellten Beobachtungsrohres deutlich gesehen, wenn die Achsen beider Rohre genau dieselbe Richtung haben (Nullstellung). Bringt man nun das Prisma auf ein kleines Tischchen inmitten des Teilkreises, so muß man das Beobachtungsrohr samt Teilkreis zur Seite drehen, um das abgelenkte Bild des Spaltes oder vielmehr sein Spektrum wahrzunehmen; durch Drehen des Tischchens läßt sich das Prisma leicht (und zwar für jede Fraunhofer'sche Linie besonders) in die Stellung der kleinsten Ablenkung bringen, deren Betrag man nach vollbrachter Einstellung des Fernrohrs an den feststehenden Nonien abliest. Es ist ersichtlich, daß das Instrument auch als Reflexionsgoniometer (Fig. 305) zur Messung des brechenden Winkels des Prismas gebraucht werden kann, und sonach die beiden Größen, welche zur Berechnung des Brechungsverhältnisses notwendig sind, nämlich kleinste Ablenkung und Prismenwinkel (329), zu bestimmen gestattet.

342. **Achromatismus.** Ein Bündel Sonnenstrahlen wird durch ein Prisma nicht nur abgelenkt, sondern zugleich zu einem farbigen Strahlenfänger ausgebreitet, so daß statt eines weißen Lichtflecks auf einem gegenüberstehenden Schirm ein Spektrum erscheint. Die Entfernung der Mitte des Spektrums von der Stelle, wo jener ohne das Prisma ent-

stehende weiße Lichtfleck erscheinen würde, kann als Maß für die durch das Prisma hervorgebrachte Ablenkung gelten, die Länge des Spektrums als Maß für seine Farbenzerstreuung. Bringt man nun hinter das Prisma ein zweites ganz gleiches, jedoch so, daß es seine Schneide nach der entgegengesetzten Seite wendet, so lenkt letzteres das Lichtbündel wieder zurück an seine ursprüngliche Stelle und schiebt den Farbenfächer wieder zusammen; auf dem Schirm erscheint daher ein weißer Lichtfleck in der Richtung der einfallenden Strahlen; das zweite Prisma hat also die durch das erste hervorgebrachte Farbenzerstreuung, zugleich aber auch die Ablenkung wieder rückgängig gemacht. Newton glaubte, daß auch bei Prismen von verschiedenem Stoff die Farbenzerstreuung mit der Ablenkung stets gleichen Schritt halte, und daß es daher unmöglich sei, jene zu beseitigen, ohne auch diese aufzuheben. In Wirklichkeit aber gibt ein Flintprisma ein etwa doppelt so langes Spektrum wie ein Kronprisma von gleichem brechendem Winkel, jedoch bei weitem nicht die doppelte Ablenkung. Ein Flintprisma, dessen Winkel etwa halb so groß ist wie derjenige des Kronprismas, bringt daher ein ebenso langes Spektrum, aber eine beträchtlich geringere Ablenkung hervor als dieses und wird, mit ihm in entgegengesetzter Lage vereinigt, die Farbenzerstreuung beseitigen, die Ablenkung dagegen zwar vermindern, jedoch nicht völlig aufheben. Die Vereinigung beider Prismen bildet nun ein Prisma ohne Farbenzerstreuung oder ein achromatisches Prisma, welches auf dem Schirm einen zur Seite gelenkten weißen Lichtfleck erzeugt. Der Achromatismus wäre vollkommen, wenn die beiden Spektren bei gleicher Gesamtlänge auch im einzelnen sich deckten. Dies ist jedoch bei den älteren Glassorten nicht der Fall; durch das Fraunhofersche Flintglas werden die weniger brechbaren Strahlen mehr zusammengedrängt, die brechbareren weiter auseinandergerückt als durch das Kronglas. Die Folge ist, daß nur zwei Farben zur völligen Deckung gebracht werden können, die übrigen aber noch schwache Abweichung (das sog. sekundäre Spektrum) zeigen. Im glastechnischen Laboratorium in Jena (Abbe und Schott) werden aber neuerdings Kron- und Flintglassorten hergestellt, welche durch das ganze Spektrum einen so nahe gleichen Gang der Dispersion zeigen, daß mit zwei Linsen aus diesen Glassorten drei Farben vereinigt und damit das sekundäre Spektrum beseitigt werden kann.

Infolge der ungleichen Brechbarkeit verschiedenfarbiger Strahlen vermag eine gewöhnliche Sammellinse die Strahlen, welche von einem Punkt ausgehen, nicht wieder genau in einen Punkt zusammenzufassen; denn die stärker gebrochenen violetten Strahlen werden sich in einem der Linse näher gelegenen Punkt v (Fig. 365), die weniger brechbaren roten erst in einem entfernteren Punkt r vereinigen. Da sonach jedem Punkte des Gegenstandes im Bilde nicht ein Punkt, sondern ein Zerstreuungskreis mit farbigem Rande entspricht, so sind die Bilder, welche eine solche Linse entwirft, nicht scharf begrenzt, sondern von farbigen Säumen umgeben. Man nennt diesen Fehler

die Farbenabweichung (chromatische Aberration) der Linsen. Ein Fernrohr oder ein Mikroskop mit einer solchen Objektivlinse würde wegen der Undeutlichkeit seiner Bilder nur geringen Wert besitzen. Wirklich brauchbare Linsenfernrohre herzustellen, war nicht eher möglich, als bis es gelungen war, Linsen ohne Farbenabweichung zu fertigen (Dollond, 1757). Das achromatische Prisma zeigt uns den Weg zur Lösung dieser Aufgabe. Um nämlich die Farbenzerstreuung einer Sammellinse aus Kronglas (*AB*, Fig. 366) aufzuheben, bringen wir unmittelbar hinter sie eine Zerstreuungslinse aus Flintglas (*CD*), welche nur eine halb so große Ablenkung, aber die gleiche Farbenzerstreuung wie jene hervorbringt und zwar beides in entgegengesetztem Sinn wie jene. Der weiße Lichtstrahl *L* wird von der

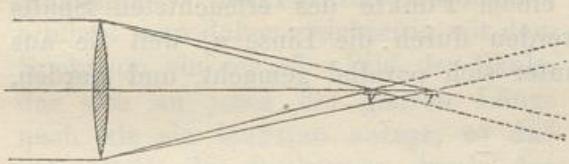


Fig. 365.
Farbenabweichung.

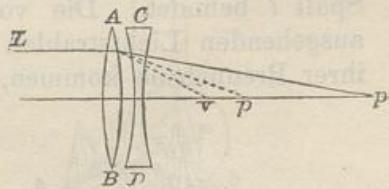


Fig. 366.
Achromatische Linse.

Kronglaslinse in einen Farbenfächern ausgebreitet, dessen roter Strahl die Achse in dem entfernteren Punkt *p*, dessen violetter Strahl sie in dem näheren Punkt *v* trifft. Durch die Flintglaslinse werden die Strahlen wieder von der Achse weggelenkt und zwar dieser um so viel stärker als jener, daß beide, miteinander und mit den zwischenliegenden Strahlen des Farbenfächers zu einem weißen Strahl vereinigt, die Achse in dem entfernteren Punkt *p'* schneiden. Die beiden Linsen, miteinander vereinigt (sie werden häufig mittels eines durchsichtigen Kittes, nämlich mit Kanadabalsam, zu einem Stück zusammengekittet), bilden nun eine achromatische Linse, welche die von einem weißen Punkt ausgehenden Strahlen auch wieder zu einem weißen Bildpunkt vereinigt. Die Objektive der Fernrohre, Mikroskope, der photographischen Dunkelkammern sind stets solche aus zwei verschiedenen Glassorten zusammengesetzte achromatische Linsenkombinationen (333). Wie bei den Prismen können auch bei den Linsen durch zwei Linsen im allgemeinen zwei Farben vereinigt werden. Die neueren Jenenser Glassorten gestatten, eine Achromasie für drei Farben mit zwei Linsen zu erreichen. Abbe bezeichnet Linsenkombinationen, die diesen Grad der Achromasie besitzen und zugleich für zwei Farben aplanatisch sind (s. o. 333), als *apochromatische Systeme*.

Zu einem Kronglasprisma kann man leicht ein Flintprisma herstellen, welches einen bestimmten farbigen Strahl, z. B. das Grün der Fraunhoferschen Linie *E*, ebenso stark ablenkt wie jenes, und daher, in entgegengesetzter Lage mit ihm vereinigt, die Ablenkung dieser Strahlenart aufhebt. Da aber die Ablenkung der übrigen farbigen Strahlen nicht gleichzeitig aufgehoben ist, so geben die beiden zusammen eine geradsichtige Prismenkombination (à vision

directe, Amici, 1860), welche das Spektrum nicht zur Seite lenkt, sondern in der Richtung der einfallenden Strahlen entwirft.

343. **Spektralapparate.** Zur subjektiven Beobachtung und genaueren Untersuchung des Spektrums dienen die verschiedenen Arten der Spektroskope oder Spektralapparate. Im Bunsenschen Spektroskop (Fig. 367) steht ein Flintglasprisma *P*, dessen Seitenflächen einen Winkel von 60° miteinander bilden, auf einem gußeisernen Gestell. Gegen das Prisma sind drei wagrechte Röhren *A*, *B* und *C* gerichtet. Die erste (*A*), das Spaltrohr oder der Kollimator, trägt an ihrem dem Prisma zugewendeten Ende eine Sammellinse *a* (Fig. 368, Grundriß), in deren Brennebene sich am anderen Ende ein lotrechter und sonach mit der Schneide des Prismas paralleler Spalt *l* befindet. Die von einem Punkte des erleuchteten Spalts ausgehenden Lichtstrahlen werden durch die Linse *a*, weil sie aus ihrer Brennebene kommen, unter sich parallel gemacht, und werden,

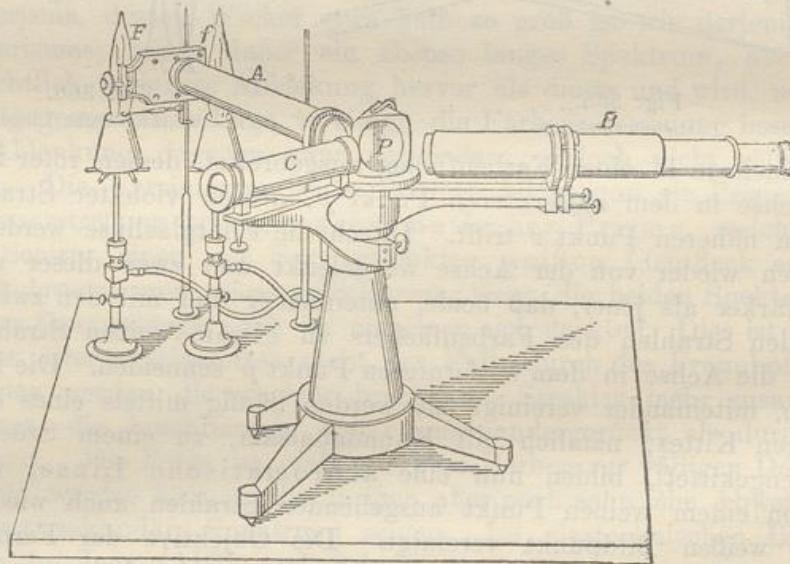


Fig. 367.
Bunsens Spektroskop.

nachdem sie durch das (für mittlere Strahlen) auf kleinste Ablenkung gestellte Prisma abgelenkt worden sind, durch das Objektiv *b* des Fernrohrs *B* in dem zugehörigen Brennpunkt vereinigt. Sind z. B. die durch den Spalt einfallenden Strahlen einfach rot, so entsteht bei *r* ein schmales rotes Bild des Spalts, gehen aber auch violette Strahlen von dem Spalt aus, so werden diese durch das Prisma stärker abgelenkt und erzeugen ein violettes Spaltbild bei *v*. Dringt weißes Licht, welches aus unzählig vielen verschiedenfarbigen und verschiedenen brechbaren Lichtarten zusammengesetzt ist, durch den Spalt ein, so legen sich die unzählig vielen entsprechenden Spaltbilder in ununterbrochener Reihenfolge nebeneinander und bilden in der Bildfläche ein vollständiges Spektrum *rv*, welches nun durch die Linse *o* wie durch eine Lupe betrachtet wird. Um das Spektrum