Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

331. Brechung durch eine Kugelfläche

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

Ein von dem Punkte R (Fig. 339) der Achse ausgehender und nach dem konjugierten Punkte S gehender Strahl erleidet im Punkte A der Linse die Ablenkung $\gamma = \alpha + \beta$, welche gleich ist der Ablenkung φ, welche der zur Achse parallele Strahl NA, der jenseits durch den Brennpunkt F geht, in demselben Punkte A erleidet. Es ergibt sich sonach $\alpha + \beta = \varphi$. Bezeichnet man nun die Entfernung des Punktes R von der Linse mit a, diejenige des Punktes S mit b, die Brennweite mit f, endlich wie vorhin den Abstand des Punktes A

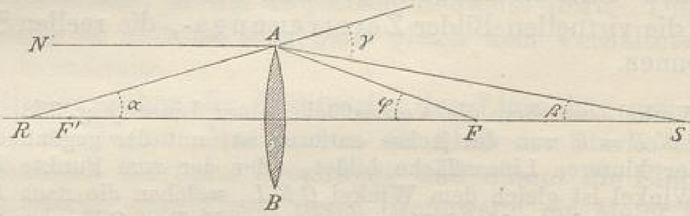

Fig. 339.
Bestimmung der Lage konjugierter Punkte.

von der Achse mit k, so ist $\alpha = k/a$, $\beta = k/b$, $\varphi = k/f$, folglich $k/a + k/b = k/f$, und man erhält als Beziehung zwischen den konjugierten Punkten die Gleichung:

2) $$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f},$$

welche genau dieselbe ist, wie die früher (325) für die sphärischen Spiegel gefundene, und damit die Analogie ausspricht, welche zwischen diesen und den Linsen besteht.

Die Gleichungen 1) und 2) gelten nicht nur für konvexe Linsen, sondern für jede Linsenform, wenn man darin den Krümmungsradius für eine ebene Fläche unendlich groß (∞), für eine konkave Fläche negativ, für eine konvexe Fläche positiv nimmt. Je nachdem sich aus der Formel 1) der Wert von f positiv oder negativ ergibt, besitzt die Linse reelle oder virtuelle Brennpunkte.

331. **Brechung durch eine Kugelfläche.** Der Satz, daß homozentrische (durch einen einzigen Punkt gehende) Strahlen auch nach der Brechung homozentrisch bleiben, gilt nicht nur für die von je zwei Kugelflächen begrenzten Linsen, sondern schon für jede einzelne schwach gekrümmte Kugelfläche für sich.

Denn sind zwei verschiedene durchsichtige Mittel mit den zugehörigen Brechungskoeffizienten n und n' durch eine Kugelfläche MS (Fig. 340) mit dem Mittelpunkt C und Radius $CS = r$ voneinander getrennt, so trifft der vom Lichtpunkt A ausgehende Zentralstrahl AC im „Scheitel“ S senkrecht auf die Kugelfläche und erleidet keine Ablenkung; der unter dem Winkel α zur Achse AC geneigte Strahl AM dagegen wird im Punkt M nach MB gebrochen und schneidet den Zentralstrahl (die Achse) in B unter dem Winkel β; sein Weg ergibt sich, wenn man zu dem Einfallswinkel γ, den AM mit dem unter dem Winkel ϱ zur Achse geneigten Lote CM macht, den zugehörigen Brechungswinkel δ aus dem Brechungsgesetz $n \sin\gamma = n' \sin\delta$ bestimmt. Sind diese sämtlichen Winkel sehr klein, so genügt das vereinfachte Brechungsgesetz $n\gamma = n'\delta$. Aus der Figur aber ergibt sich $\gamma = \alpha + \varrho$ und $\delta = \varrho - \beta$, folglich $n\alpha + n\varrho = n'\varrho - n'\beta$ oder $n\alpha + n'\beta = (n' - n)\varrho$. Bezeichnet man AS mit a, BS mit b und den kleinen Bogen MS, der als eine zur Achse senkrechte Gerade angesehen werden kann und die Entfernung des Punktes M von der Achse oder dem Scheitel S angibt, mit k, so können (wie oben) jene kleinen

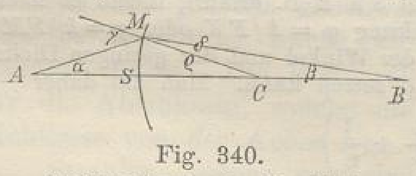

Fig. 340.
Brechung durch eine Kugelfläche.

Winkel wie folgt ausgedrückt werden: $\alpha = k/a$, $\beta = k/b$, $\varrho = k/r$, und man erhält $n\,k/a + n'\,k/b = (n' - n)\,k/r$, oder

$$\frac{n}{a} + \frac{n'}{b} = \frac{n' - n}{r}.$$

Der Umstand, daß der Bogen k aus der Gleichung herausfällt, besagt, daß alle durch den Punkt A gehenden Strahlen nach der Brechung durch den Punkt B gehen, unter der Voraussetzung, daß jener Bogen klein genug ist.

Man kann letztere Gleichung auch so schreiben:

$$\frac{n\,r}{(n' - n)\,a} + \frac{n'\,r}{(n' - n)\,b} = 1,$$

oder, wenn man zur Abkürzung die konstanten Größen

$$\frac{n\,r}{n' - n} = f \quad \text{und} \quad \frac{n'\,r}{n' - n} = f'$$

setzt:

$$\frac{f}{a} + \frac{f'}{b} = 1.$$

Für $a = \infty$ folgt hieraus $b = f'$, für $b = \infty$ folgt $a = f$, d. h. der Sammelpunkt für achsenparallele Strahlen, die vom unendlich fernen Achsenpunkte links kommen, liegt rechts im Abstande f' vom Scheitel, und ebenso liegt links im Abstande f der zum unendlich fernen Achsenpunkte rechts konjugierte Punkt. Die Strecken f und f' heißen die erste und die zweite Brennweite. Sie verhalten sich, wie die Brechungsexponenten der Mittel, in denen sie liegen $f/f' = n/n'$.

332. **Linsensysteme.** Beliebig viele Kugelflächen, deren Mittelpunkte auf einer Geraden, der Achse, liegen, und deren Zwischenräume mit beliebigen brechenden Mitteln ausgefüllt sind, bilden ein Linsensystem; denn jede von zwei aufeinander folgenden Kugelflächen eingeschlossene Abteilung kann als eine Linse (von beliebiger Dicke) angesehen werden. Im gewöhnlichen Fall

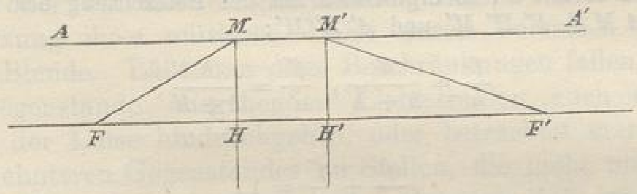

Fig. 341.
Hauptpunkte.

unserer optischen Instrumente (Mikroskop, Fernrohr usw.), welche aus Glaslinsen mit gemeinschaftlicher Hauptachse zusammengesetzt sind, bestehen die brechenden Mittel abwechselnd aus Luft und Glas. Unter der Voraussetzung, daß alle Strahlen nur kleine Winkel mit der Achse bilden, tritt ein im ersten Mittel homozentrisches Strahlenbündel in das letzte Mittel homozentrisch aus, da es ja bei jeder Brechung an den aufeinander folgenden Kugelflächen homozentrisch bleibt. Zu dem im ersten Mittel parallel zur Achse einfallenden Strahl $A\,M$ (Fig. 341) gehöre im letzten Mittel der konjugierte Strahl $M'\,F'$, und dem aus dem letzten Mittel auf entgegengesetztem Wege kommenden achsenparallelen Strahl $A'\,M'$ entspreche im ersten Mittel $M\,F$ als konjugierter Strahl. Da jeder Strahl auch in umgekehrter Richtung notwendig denselben Weg einschlägt, so kann man auch sagen, die beiden Strahlen $A\,M$ und $M\,F$, welche im ersten Mittel durch den Punkt M gehen, gehen im letzten Mittel durch den Punkt M'; M und M' sind also konjugierte Punkte, und die durch sie senkrecht