

8.5 Brechung, Totalreflexion, Abbildung an ebenen Flächen

8.5.1 Brechung

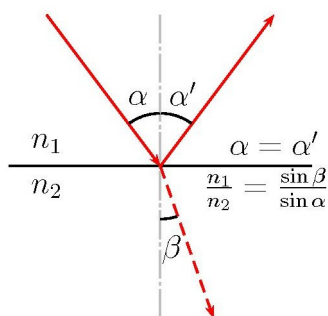


Abbildung 1: Reflexionsgesetz.

Brechungsindex bzw. Brechzahl n . Beispiele (bei $\lambda = 546,07 \text{ nm}$ und $T = 20^\circ\text{C}$):

$$n_{\text{Wasser}} = 1,33 \quad n_{\text{Quarz}} = 1,46 \quad n_{\text{Luft}} = 1,0003 \quad n_{\text{Diamant}} = 2,4$$

8.5.2 Totalreflexion

Übergang vom optischen dünnen zum optischen dichten Medium ($n_1 < n_2$) \Rightarrow Strahl wird zur Normalen hingebrochen.

Übergang vom optischen dichten zum optischen dünnen Medium ($n_1 > n_2$) \Rightarrow Strahl wird von der Normalen weggebrochen. Bei Brechungswinkel $\alpha'_G = 90^\circ$ tritt Totalreflexion auf.

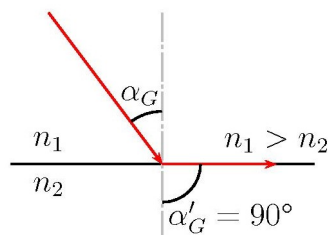


Abbildung 2: Totalreflexion.

$$\alpha_G = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1} \sin \alpha'_G\right) = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1} \sin 90^\circ\right) = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

8.5.3 Lichtwellenleiter

- Halbleiter
- Glasfasern:

- Übertragung von Licht im sichtbaren sowie UV und IR Bereich
- Anwendungen: Telekommunikation, Endoskope, Medizin, Faserlaser
- Aufbau: zylindrischer Leiter auf Kieselglas oder Quarzglas (Core) ist ummantelt mit einem Glas niedrigerer Brechzahl (Cladding) und einer Schutzbeschichtung (Coating). Die Dicke ohne die Schutzbeschichtung beträgt etwa 150 – 500 μm
- Typen: 1) Mono- bzw. Singlemode Fasern, 2) Multimode Fasern
- Biegebar, aber Biegung führt zu Verlusten
- Aktuelle Forschung: Optical Stretcher, Müller Zellen

8.5.4 Abbildung durch Planflächen

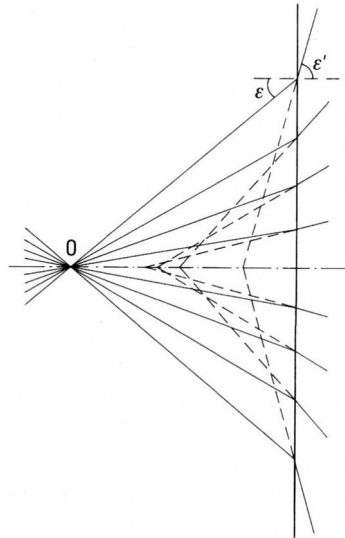


Abbildung 3: Strahlenverlauf bei der Abbildung durch eine brechende Fläche.

$$\text{Aperturwinkel: } \tan \alpha = \frac{h}{s} \quad \Rightarrow \quad h = s \tan \alpha = s' \tan \alpha'$$

$$\frac{s'}{n'} = \frac{s \cos \alpha'}{n \cos \alpha} = \frac{s}{n \cos \alpha} \sqrt{1 - \left(\frac{n}{n'}\right)^2 \sin^2 \alpha}$$

Abbildungsfehler, Aberrationen!

Ophthalmometer: Instrument zur Messung der Oberflächenkrümmung der Hornhaut im Auge

8.5.5 Planplatten

Kontaktfreie Längenmessung!

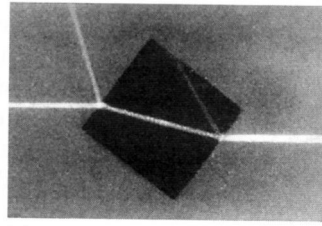
8.5.6 Prisma

$$\delta = \varepsilon_1 - \varepsilon'_1 + \varepsilon'_2 - \varepsilon_2 \quad \alpha = \varepsilon'_1 + \varepsilon_2$$

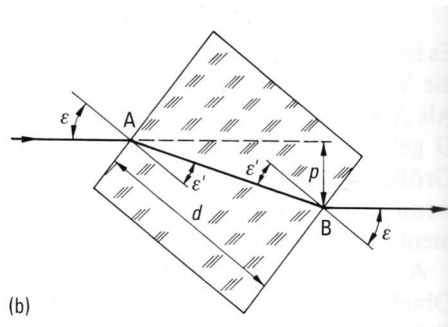
$$\delta = \varepsilon_1 + \varepsilon'_2 - \alpha$$

$$\sin \varepsilon_1 = n \sin \varepsilon'_1 \quad n \sin \varepsilon_2 = \sin \varepsilon'_2$$

$$\Rightarrow \quad \delta = \varepsilon_1 - \alpha + \arcsin \left(\sin \alpha \sqrt{n^2 - \sin^2 \varepsilon_2} - \cos \alpha \sin \varepsilon_1 \right)$$

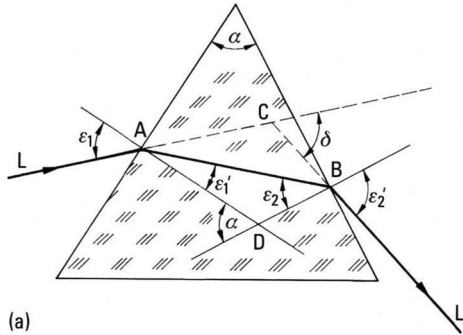


(a)

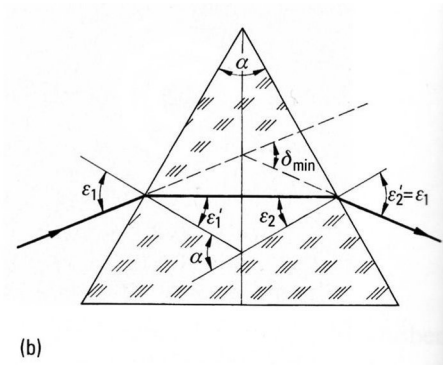


(b)

Abbildung 4: Parallelversatz von Lichtstrahlen durch eine planparallele Platte.



(a)



(b)

Abbildung 5: Strahlenverlauf durch ein Prisma.

n ist eine Funktion der Wellenlänge, die Farben werden aufgetrennt. Beim symmetrischen Durchgang gilt

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2' = \frac{\alpha + \delta_{min}}{2} \quad \varepsilon_1' = \varepsilon_2 = \frac{\alpha}{2}$$

$$\Rightarrow n = \frac{\sin(\alpha/2 + \delta_{min}/2)}{\sin \alpha/2}$$

8.5.7 Refraktometer nach Abbe

Das Abbe-Refraktometer ist ein optisches Gerät zur Bestimmung der Brechzahl n von Flüssigkeiten. Als Totalreflektometer beruht sein Messprinzip auf der Tatsache, dass der Grenzwinkel α_G der Totalreflexion an einer Grenzfläche von den Brechzahlen der beteiligten optischen Medien abhängt. Die Totalreflexion findet hier an der Grenzfläche des verwendeten Glases mit bekannter und großer Brechzahl n_{Prisma} zur vermessenden und optisch dünneren Flüssigkeit mit der geringeren Brechzahl n_{Fluid} statt.

9 Gauß Optik

9.1 Einleitung

- Optische Abbildung
- Ebene Grenzflächen (Linsen und Spiegel) erzeugen nur virtuelle Bilder, keine Konvergenz wird erreicht.

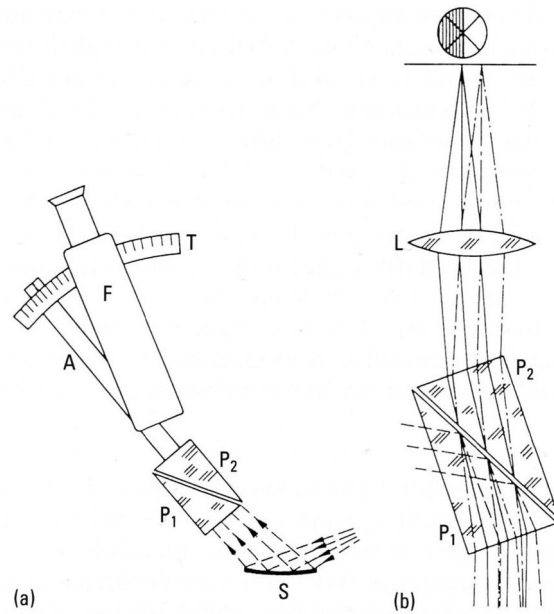


Abbildung 6: Refraktometer nach Abbé.

- Abbildungsfehler bei ebenen Flächen

Optische Systeme:

- Reelle Objekte \Rightarrow reelle Bilder
- Bilder den Objekten ähnlich
- Bilder mit hoher Intensität

Beschränkung auf kleine Winkel $\Rightarrow \sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha \Rightarrow n \cdot \alpha \approx n' \cdot \alpha'$

Näherungen führen zu Abbildungsgleichungen und linearen Relationen zwischen Objekt und Bild. Im folgenden sollen rotationssymmetrische Systeme betrachtet werden.