

O4 Bestimmung der Brechzahl

Physikalische Grundlagen

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen, die Lichtgeschwindigkeit, beträgt im Vakuum per Definition $c_0 = 299\,792\,458\text{ m/s}$. In Medien ist die Lichtgeschwindigkeit $c < c_0$.

Auf Grund unterschiedlicher Ausbreitungsgeschwindigkeiten in verschiedenen Medien kommt es an der Grenzfläche zwischen ihnen zur Brechung. Bezeichnen α und β den Einfallswinkel und Ausfallswinkel bezüglich des Lotes gilt

$$\frac{\sin \alpha}{c_1} = \frac{\sin \beta}{c_2}. \quad (1)$$

Das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum zu der im Medium $n = c_0/c$ wird als Brechzahl¹ bezeichnet. Damit lautet das Brechungsgesetz

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (2)$$

Wenn die Geschwindigkeit einer Welle von ihrer Frequenz abhängt, so wie das bei Licht in Medien der Fall ist, spricht man von Dispersion. Die Brechzahl ist also eine Funktion der Frequenz. Meist wird sie jedoch in Abhängigkeit der Wellenlänge $n = n(\lambda)$ angegeben, was wegen $c = \lambda \cdot f$ möglich ist. Beachtet werden muss hierbei, dass mit λ die Wellenlänge außerhalb des Mediums gemeint ist. Auf Grund der Dispersion werden die im weißen Licht enthaltenen verschiedenen Wellenlängen unterschiedlich stark gebrochen und so das Licht in seine Bestandteile zerlegt, so dass das Spektrum des Lichtes beobachtet werden kann.

Das Dispersionsvermögen optischer Materialien kann an Hand einer einzigen Kenngröße, der Abbeschen Zahl, abgeschätzt werden. Sie ist mit

$$\nu_e = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}} \quad (3)$$

definiert. Die Indizes sind nach den ihnen entsprechenden Fraunhoferlinien bezeichnet. Die Wellenlängen dieser Linien betragen $\lambda_e = 546,07\text{ nm}$ (grüne Quecksilberlinie), $\lambda_{F'} = 479,99\text{ nm}$ (blaue Kadmiumlinie) und $\lambda_{C'} = 643,85\text{ nm}$ (rote Kadmiumlinie).

Im Folgenden soll die Brechung eines sonst in Luft ($n_{Luft} = 1$) verlaufenden Lichtstrahls an einem Prisma der Brechzahl n betrachtet werden (Abb. 1). Zur Vereinfachung wird ein symmetrischer Strahlengang durch das Prisma angenommen, welcher sich durch eine minimale Winkelablenkung δ auszeichnet. Beim Lichteintritt in das Prisma wird der Strahl gerade um $\delta/2$ gebrochen, so dass $\alpha = \delta/2 + \beta$ gilt. Mit $\beta = \varepsilon/2$ folgt mit dem Brechungsgesetz (2)

$$\sin \left(\frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2} \right) = n \sin \frac{\varepsilon}{2}. \quad (4)$$

¹auch als Brechungsindex oder optische Dichte bezeichnet

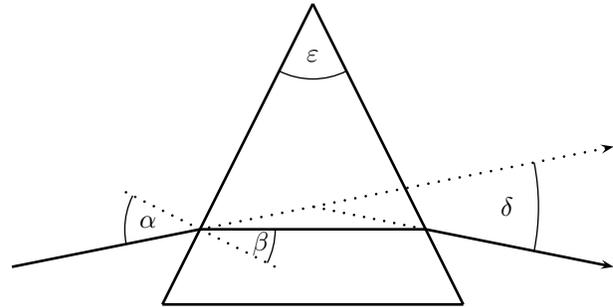


Abbildung 1. Strahlengang am Prisma

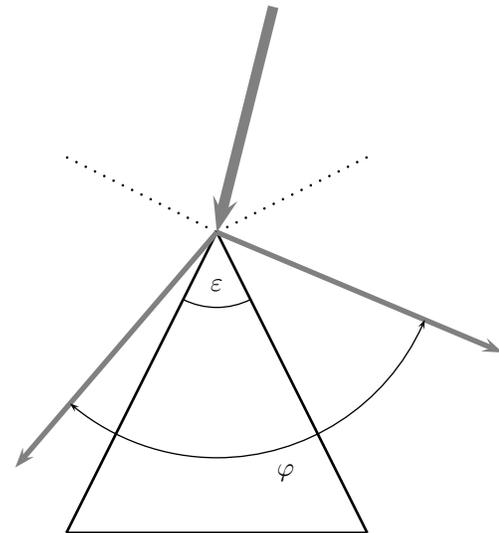


Abbildung 2. Bestimmung des Prismenwinkels

Versuchsvorbereitung

- Brechung, Brechungsgesetz, Fermatsches Prinzip
- Beugung, Interferenz am Spalt
- Ursache von Dispersion, normale und anomale Dispersion
- Berechnen Sie den Ablenkwinkel für einen symmetrisch durch ein gleichseitiges Prisma der Brechzahl $n = 1,6$ verlaufenden Lichtstrahl.
- Entsprechend Abbildung 2 wird zur Messung des Prismenwinkels ε ein aufgeweiteter Lichtstrahl auf die zu vermessende Kante des Prismas gelenkt. Aus dem Winkel φ zwischen den an den beiden Prismenflächen reflektierten Strahlen kann ε berechnet werden. Leiten Sie den benötigten Zusammenhang her.
- Ablesen eines Nonius
- Funktionsweise von Gasentladungslampen

Aufgaben

- Bestimmen Sie die benötigten Prismenwinkel ε .
- Bestimmen Sie die Brechzahl des Materials der Prismen bei den Wellenlängen der Spektrallinien der verwendeten Gasentladungslampen.

Um einen symmetrischen Strahlung zu gewährleisten, muss das Prisma bei jeder verwendeten Wellenlänge so ausgerichtet werden, dass der Ablenkwinkel δ minimal wird.

- Zeichnen Sie die Dispersionskurve $n(\lambda)$ der Prismen.
- Berechnen Sie die Abbesche Zahl für die verwendeten Materialien.

Die benötigten Brechzahlen können durch Inter- bzw. Extrapolation aus der Grafik entnommen werden.

- Führen Sie eine Fehlerschätzung für eine Brechzahl durch. Bestimmen Sie den Fehler für eine Abbesche Zahl. Nehmen Sie dazu an, dass der Fehler aller Brechzahlen identisch ist.