

O3 PRISMENSPEKTROMETER

PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

Grundbegriffe: Brechungsgesetz, Dispersion, Spektrometer, Auflösungsvermögen eines Spektrometers.

Prismenspektrometer dienen zur Wellenlängenmessung der Strahlung von Lichtquellen im sichtbaren Bereich sowie in den angrenzenden Spektralbereichen (ultraviolette oder infrarote Strahlung). Ein Spektrometer (Abb. 1) besteht aus der zu untersuchenden Lichtquelle Q, dem Kollimator, einem dispersierenden (Prisma) oder beugenden Medium (Gitter, siehe Versuch O4) und einem Beobachtungsfernrohr.

Der Spalt Sp variabler Breite befindet sich im Brennpunkt der Linse L₁, so dass die divergent aus dem Spalt austretende Strahlung zu einem Parallellichtbündel wird. Dieses wird an den beiden brechenden Prismenflächen, die den Winkel γ einschließen, gebrochen und trifft um den

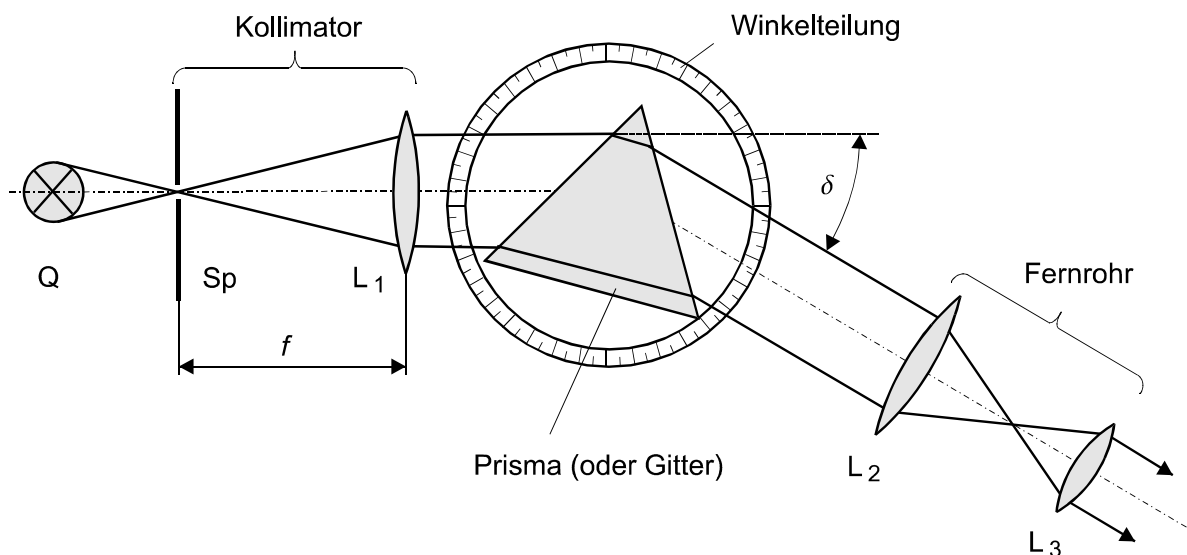


Abb. 1 PRISMENSPEKTROMETER

Winkel δ abgelenkt auf das Fernrohr. Dieses ist auf unendliche Entfernung eingestellt und seine Winkelstellung an der Winkelteilung ablesbar. Da der Ablenkwinkel δ vom Einfallswinkel α (Abb. 2), vom brechenden Winkel γ (Abb. 2) und von der Brechzahl n des Prismas abhängt, kann man die Brechzahl durch Messung des Ablenkwinkels ermitteln.

Aus dem Brechungsgesetz

$$n = \sin \alpha / \sin \beta \quad (1)$$

ergibt sich für den Fall, dass das Parallellichtbündel das Prisma symmetrisch durchsetzt (Abb. 2), ein minimaler Ablenkwinkel δ_{\min} . In diesem Fall ist $\beta = \gamma/2$ und $\alpha = (\delta_{\min} + \gamma)/2$, so dass die Brechzahl aus

$$n = \frac{\sin[(\delta_{\min} + \gamma)/2]}{\sin(\gamma/2)} \quad (2)$$

ermittelt werden kann. Da die Brechzahl von der Lichtwellenlänge abhängt, ist auch der Winkel der minimalen Ablenkung wellenlängenabhängig. Emittiert die Lichtquelle Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge, dann beobachtet man in der Brennebene des Fernrohres die spektral zerlegte Strahlung der Lichtquelle.

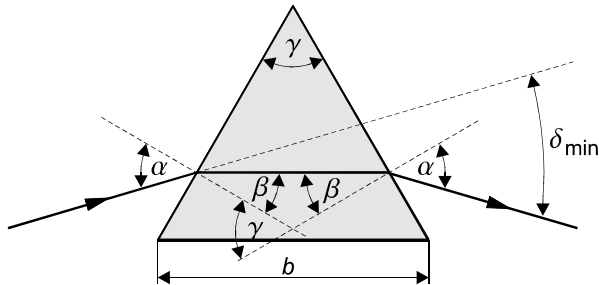


Abb. 2 SYMMETRISCHER STRAHLENVERLAUF

Leuchtende Gase oder Metaldämpfe emittieren nur Strahlung diskreter Wellenlängen, und im Fernrohr beobachtet man einfarbige „Spektrallinien“, dies sind die reellen Bilder des Spaltes Sp. Die Leistungsfähigkeit eines Prismenspektrometers wird durch das Auflösungsvermögen $\lambda/\Delta\lambda$ charakterisiert. Hierbei ist $\Delta\lambda$ der Wellenlängenunterschied, der bei

der Wellenlänge λ gerade noch zu zwei getrennt wahrnehmbaren Spektrallinien führt. Leuchtet das Parallellichtbündel den Querschnitt des Prismas aus, dann ergibt die Theorie als Grenzwert für das Auflösungsvermögen

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = -b \frac{dn}{d\lambda}, \quad (3)$$

wobei b die Basislänge des Prismas ist und $dn/d\lambda$ aus der Dispersionskurve $n = n(\lambda)$ ermittelt werden kann. Da das Glasprisma im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes normale Dispersion zeigt, ist $dn/d\lambda$ negativ.

AUFGABEN

1. Man bestimme die Brechzahl n eines Glasprismas (Gl. (2)) für fünf Wellenlängen des Hg-Spektrums und stelle die Dispersionskurve $n = n(\lambda)$ grafisch dar.
2. Man bestimme die Brechzahl n des Glasprismas für die Natriumlinie. Aus der Dispersionskurve bestimme man die Wellenlänge dieser Linie.
3. Man schätze das Auflösungsvermögen des Prismas (Gl. (3)) für $\lambda = 590 \text{ nm}$ aus der Dispersionskurve ab.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

(1) Justierung des Spektrometers: Zunächst löst man das Fernrohr aus der Halterung und visiert einen fernen Gegenstand außerhalb des Praktikumsraumes an. Durch Verschieben des Okulars erreicht man die gleichzeitige Scharfeinstellung des Fadenkreuzes im Okular und des fernen Gegenstandes. Die Justierung des Fernrohres muss während der gesamten Versuchsdurchführung erhalten bleiben. Die Justierung des Kollimators erfolgt am Versuchsplatz ohne Prisma. Durch Verschieben des Spaltes erhält man ein scharfes Bild.

(2) Einstellung des Ablenkwinkels δ_{\min} : Man drehe das Prisma auf dem Prisentisch in einem bestimmten Drehsinn und beobachte die Bewegung des gebrochenen Strahlenbündels zunächst auf einem in den Strahlengang gehaltenen Blatt Papier. Es gibt eine Stellung des Prismas, von der ab unter Beibehaltung des Prismendrehsinns sich die Bewegungsrichtung des Lichtbündels umkehrt. Die Umkehrstelle ist der Winkel minimaler Ablenkung. Zur genauen Messung benutzt man das Fernrohr und bringt das Fadenkreuz mit der Umkehrstelle der jeweiligen Hg-Linien zur Deckung und liest die zugehörigen Fernrohrstellungen an der Winkelteilung mit dem Nonius ab. Der zweite Schenkel des zu messenden Winkels δ_{\min} ist durch die Einfallrichtung des unabgelenkten Lichtbündels gegeben.

Eine höhere Messgenauigkeit erzielt man, wenn man das Prisma auf dem Prisentisch um 120° dreht und das gleiche Verfahren zur Auffindung der Umkehrstelle auf der anderen Seite in Bezug auf die Richtung des einfallenden Lichtbündels anwendet. Man erhält also für jede Spektrallinie zwei Fernrohrstellungen φ_1 und φ_2 . Die Hälfte des zugehörigen Winkels ist gleich δ_{\min} . Der brechende Winkel γ des Prismas beträgt 60° . Man beachte, dass die Spektrallampen nur über eine Drossel an die Netzspannung angeschlossen werden dürfen.

Für Aufgabe 1 verwende man die folgenden Hg-Linien: violett: $\lambda_1 = 407,8$ nm, blau $\lambda_2 = 435,8$ nm, blau/grün $\lambda_3 = 491,6$ nm, grün $\lambda_4 = 546,1$ nm, rot: $\lambda_5 = 623,4$ nm.

Für Aufgabe 2 verwendet man die gelbe Linie der Na-Lampe. Den Messwert vergleiche man mit dem Tabellenwert des aus zwei dichtbenachbarten Spektrallinien bestehenden Na-Dubletts:

$\lambda_1 = 589,0$ nm bzw. $\lambda_2 = 589,6$ nm.

Für Aufgabe 3 verwende man zur Ermittlung von $dn/d\lambda$ ein Spiegellinial.

FRAGEN

1. Was versteht man unter normaler bzw. anomaler Dispersion?
2. Unter welchen Bedingungen tritt nach dem Brechungsgesetz Totalreflexion ein?