

O01 Prismenspektrometer

H. Bender, Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven,
Fachbereich Technik, Abteilung Photonik

Doc. 19. September 2002

1.1 Einführung

1.1.1 Ziel des Versuchs

Weißes Licht wird beim Durchgang durch ein Prisma in seine farbigen Bestandteile zerlegt. Mit dem Prismenspektrometer können Lichtquellen auf ihre spektralen Wellenlängen untersucht werden. Es wird gezeigt, daß der Brechungsindex von der Wellenlänge abhängig ist und die geometrische Optik erklärt.

1.2 Theorie

Spektrometer im engeren Sinne sind Apparate, mit denen man Licht in seine Spektralfarben zerlegen und deren Wellenlängen bestimmen kann. Beim Prismenspektrometer erfolgt diese Zerlegung durch ein optisches Prisma. Darunter versteht man einen Körper aus einem lichtdurchlässigen Material (meist Glas), der von zwei ebenen, nicht parallelen Flächen begrenzt wird. Die Gerade, in der sich die beiden Flächen schneiden, wird brechende Kante des Prismas genannt. In einem Schnitt senkrecht zu dieser Geraden (in einem sogenannten Hauptschnitt) liegt an der brechenden Kante der brechende Winkel γ .

1.2.1 Strahlengang im Prisma

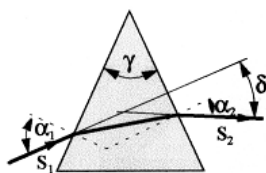


Abbildung 1.1: Strahlengang im Prisma

Fällt ein monochromatischer Lichtstrahl auf eine der beiden Flächen, so erfährt er beim Durchtritt eine Brechung, die bestimmt ist durch die Phasengeschwindigkeit c und c' des Lichtes (der betreffenden Wellenlänge) im Prisma und im angrenzenden Medium. Es gilt:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c'}{c} = \frac{n}{n'} \quad (1.1)$$

Dabei sind α und β die Winkel zwischen dem Strahl und der Flächennormalen. Die Größen n' und n sind die Brechungsindices der beiden Materialien. Ist das umgebende Medium Luft, so gilt in guter Näherung $n'=1$ und damit

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (1.2)$$

Fällt der Strahl nun in einem Hauptschnitt ein, so wird er beim Durchgang durch das Prisma bei zweimaliger Brechung um den Winkel δ abgelenkt. Dieser Ablenkwinkel ist von n , γ und dem Einfallswinkel abhängig. Er hat bei den gegebenen Werten von n und γ ein Minimum, und zwar dann, wenn der Strahl das Prisma symmetrisch durchläuft. Aus dem minimalen Ablenkwinkel δ_{min} läßt sich dann der Brechungsindex n bestimmen:

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{min} + \gamma}{2}}{\sin \frac{\gamma}{2}} \quad (1.3)$$

1.2.2 Spektren und Dispersion

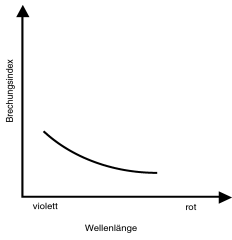


Abbildung 1.2: Abh. des Brechungsindexes v. d. Wellenlänge

Der Brechungsindex hängt jedoch, außer vom Medium, noch von der Wellenlänge des einfallenden Lichtes ab. Man nennt diesen Effekt Dispersion. Nimmt, wie z.B. bei den optischen Gläsern, im Bereich des sichtbaren Lichtes der Brechungsindex mit wachsender Wellenlänge ab, so spricht man von normaler, im umgekehrten Fall von anomaler Dispersion. Aufgrund dieses Effekts erfolgt beim Prismenspektrometer die Zerlegung des einfallenden Lichtes.

In Abb. 1.3 ist das Prinzip eines solchen Spektrometers dargestellt. Von der Lichtquelle wird der Spalt, dessen Größe veränderlich ist, gleichmäßig beleuchtet. Er steht in der Brennebene einer Linse, die mit dem Spaltsystem den sogenannten Kollimator bildet und die das von jedem Spaltspunkt ausgehende Licht in ein Parallelbündel überführt. Dieses durchsetzt das Prisma und wird, entsprechend seiner spektralen Zusammensetzung in Parallelbündel zerlegt, die unter verschiedenen Ablenkungswinkeln aus dem Prisma austreten. Wird das um die Achse des Spektrometers schwenkbare Fernrohr in die Richtung eines solchen Parallelbündels gebracht, so erscheint in der Brennebene des Fernrohrobjektivs ein Spaltbild in der entsprechenden Spektralfarbe. Es ist zusammen mit einem in derselben Brennebene angebrachten Fadenkreuz bei entsprechender Einstellung des Fernrohres (auf „unendlich“) durch das Okular beobachtbar.

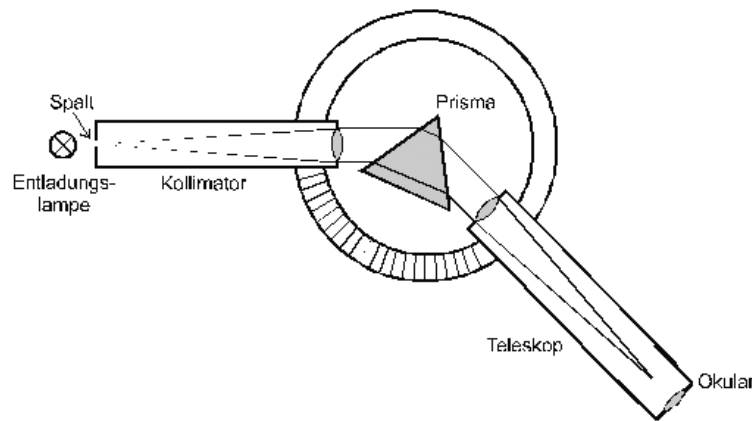


Abbildung 1.3: Prismenspektrometer

1.3 Versuch

1.3.1 Aufnahme der Dispersionskurve

Es soll die Wellenlängenkalibrierung des Spektrometers durchgeführt werden. Dazu muß der brechende Winkel sowie die Wellenlängenabhängigkeit des Brechungsindex des Prismas bestimmt werden.

Bestimmung des brechenden Winkels

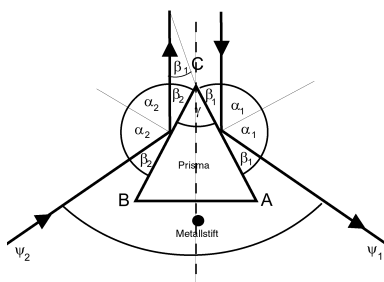


Abbildung 1.4: Best. d. brechenden Winkels

Zur Bestimmung des brechenden Winkels des Prismas wird dieses so auf dem Spektrometertischchen angeordnet, daß die brechende Kante in Richtung des einfallenden Lichtes weist, so daß das aus dem Kollimator austretende Lichtbündel auf die Fläche AC trifft und reflektiert wird (Abb. 1.4). Nun schwenkt man das Fernrohr, so daß das Fadenkreuz und das (weiße) Spaltbild des reflektierten Lichtes zur Deckung gebracht wird. Man liest den Winkel Ψ_1 an der Skala ab. Das Fernrohr verbleibt jetzt in dieser Position und der Prismenstisch wird rechts herum so weit gedreht, bis das (weiße) Spaltbild wieder im Fadenkreuz des Fernrohres erscheint. Der Winkel Ψ_2 wird von der Skala abgelesen. Aus der Winkeldifferenz der beiden registrierten Winkel Ψ_1 und Ψ_2 läßt sich der brechende Winkel γ ermitteln

$$\gamma = \frac{\Psi_1 - \Psi_2}{2} \tag{1.4}$$

Hinweis: Wenn $\Psi_2 < \Psi_1$ ist gilt:

$$\gamma = \frac{360 - \Psi_1 + \Psi_2}{2} \quad (1.5)$$

Bestimmung der Dispersionskurve

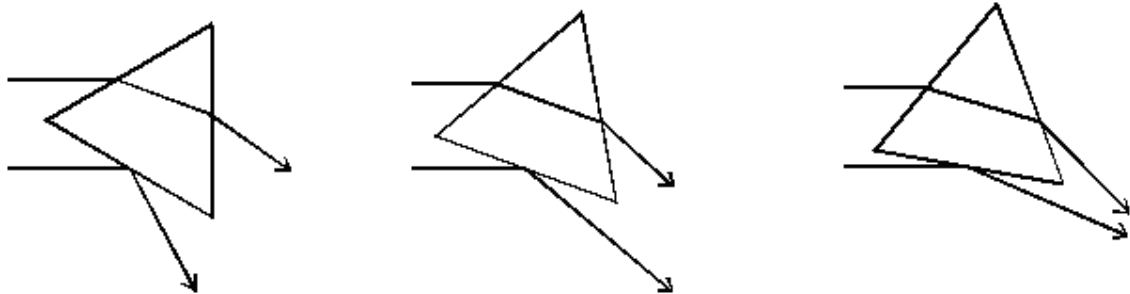


Abbildung 1.5: Verlauf des gebrochenen und des an der Basis reflektierten Strahlenbündels bei verschiedenen Stellungen des Prismas

Zur Bestimmung der Dispersionskurve $n=n(\lambda)$ wird das Prisma entsprechend Abb. 1.3 auf dem Spektrometertischchen angeordnet, und zwar so, daß ein Teil des aus dem Kollimator austretenden Lichtbündels an der dem brechenden Winkel gegenüberliegenden Seite (der Basis des Prismas) reflektiert wird (Abb. 1.5). Dann suche man das aus verschiedenen Linien bestehende Spektrum des von der Spektrallampe emittierten Lichtes. Dreht man nun den Prismenstisch bei gelöster Arretierung, d.h. verändert man den Einfallswinkel, so beobachtet man eine Verschiebung der Spektrallinien, d.h. eine Veränderung des Ablenkwinkels δ . Verfolgt man eine bestimmte Linie im Fernrohr während der Drehung des Prismas, so läßt sich die minimale Ablenkung bestimmen. In diesem Fall kommen das Spaltbild der betreffenden Spektralfarbe und das weiße Spaltbild des an der Basis reflektierten Lichtes gleichzeitig mit dem Fadenkreuz zur Deckung. Der zugehörige Winkel $\Psi_3(\lambda)$ wird für jede Spektrallinie registriert. Danach drehe man das Prisma mit dem Tischchen so, daß der Strahl das Prisma in entgegengesetzter Richtung durchläuft. Es ist die gleiche brechende Kante zu verwenden! Entsprechend sind auch hier die minimalen Ablenkungen zu bestimmen. Aus den registrierten Winkeln $\Psi_4(\lambda)$ läßt sich zusammen mit $\Psi_3(\lambda)$ für jede Spektralfarbe δ_{min} berechnen.

$$\delta_{min}(\lambda) = |(\Psi_4(\lambda) - \Psi_3(\lambda)) - 180^0| \quad (1.6)$$

Hinweis: Wenn $\Psi_4 < \Psi_3$ ist gilt:

$$\delta_{min}(\lambda) = |(360 - \Psi_4(\lambda) - \Psi_3(\lambda)) - 180^0| \quad (1.7)$$

Den Brechungsindex des Prismas stelle man als Funktion der Wellenlänge grafisch dar.

1.3.2 Kalibrierung der Spektrometerskala

Justieren Sie das Fernrohr und den Prismenstisch derart, dass Skala und Spektrum sichtbar werden. Tragen Sie die zu den Linien gehörenden Skalenteile in die nachfolgende Tabelle ein und stellen Sie sie graphisch dar.

Farbe	Intensität	Wellenlänge in nm	Skalenteil
rot	schwach	623.4	
gelb	sehr stark	579.1	
gelb	sehr stark	576.9	
grün	stark	576.1	
blau-grün	schwach	496.0	
blau-grün	mittel	491.6	
blau	stark	453.8	
violett	mittel	407.8	
violett	stark	404.7	

1.4 Auswertung

- geben Sie den brechenden Winkel γ an.
- zeigen Sie mit Hilfe der Winkeldefinitionen aus Abb. 1.4, daß gilt:

$$\Psi = 2\gamma \tag{1.8}$$

- Stellen Sie die Dispersionskurve graphisch dar.

1.5 Anhang/Bilder