

# Versuchsvorbereitung P2-12: Dispersion und Absorption

Kathrin Ender, Michael Walz  
Gruppe 10

7. Mai 2008

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Dispersionskurven</b>	<b>2</b>
1.1	Messmethode . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Eichung eines Prismenspektrometers</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Absorptionsspektrum einer Farblösung</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Absorptionskante von Cadmiumsulfid</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Eichen des Gitterspektrometers</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Auflösungsvermögen</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>Gitterspektren</b>	<b>5</b>
<b>8</b>	<b>Ausmessen der Spektren</b>	<b>5</b>
<b>9</b>	<b>Resonanzabsorption der Na-D-Linie in Na-Dampf</b>	<b>5</b>

# 1 Dispersionskurven

In diesen Versuchsteil sollen die Dispersionskurven für drei vorhandene Glasprismen aufgenommen werden. Wir interessieren uns also für die Abhängigkeit der Brechzahl  $n$  von der Wellenlänge  $\lambda$ .

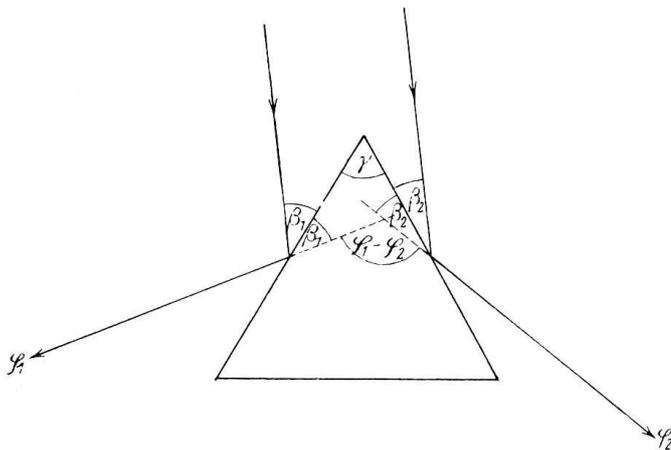
Dazu werden verschiedene Lichtstrahlen mit verschiedenen Wellenlängen  $\lambda$  so auf das Prisma geschickt, dass der Strahlengang symmetrisch ist. Anhand des brechenden Winkels  $\gamma$  des Prismas und des Ablenkungswinkels  $\delta$  des Strahls kann man auf die Brechzahl  $n$  des Prismas schließen. Es gilt:

$$n = \frac{\sin \left[ \frac{\delta + \gamma}{2} \right]}{\sin \left( \frac{\gamma}{2} \right)}$$

Quelle: Westphal: Physikalisches Praktikum, (vgl. Vorbereitungsmappe)

## 1.1 Messmethode

Das Licht fällt durch den Kollimator. Dieser ist ein Rohr, an dessen Eingang ein Spalt und an dessen Ausgang eine Sammellinse sitzt, deren einer Brennpunkt genau im Spalt liegt. Das Licht fällt auf den Spalt und verlässt die Linse parallel. Mit Hilfe eines Fernrohrs, das auf Unendlich eingestellt ist, kann ein scharfes Bild des Spaltes betrachtet werden. Bei Messungen ist zu beachten, dass das Fadenkreuz immer den *festen* Schenkel des Spaltes fokussiert, da dieser nicht unbeabsichtigt verschoben werden kann.



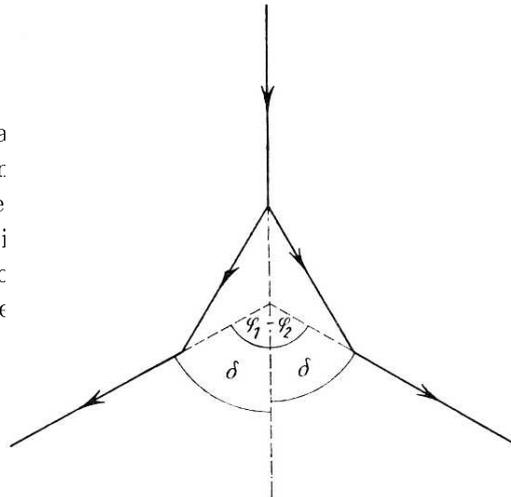
Zuerst benötigen wir allerdings den brechenden Winkel  $\gamma$ . Dazu schicken wir paralleles Licht auf die Ecke des Prisma, deren Winkel wir bestimmen wollen. Wir messen die beiden Winkel  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  bei denen das Licht genau reflektiert wird. Den brechenden Winkel erhalten wir dann aus:

$$\gamma = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}$$

Quelle: Westphal: Physikalisches Praktikum, (vgl. Vorbereitungsmappe)

Zur Messung des Winkels  $\delta$  drehen wir das Prisma so lange, bis der minimale Ablenkwinkel gefunden wurde. Anschließend wiederholen wir die Messung mit gedrehtem Prisma. Mit den beiden Winkeln  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$ , die wir am Nennwert der Kreisteilung ablesen, kann nun  $\delta$  berechnet werden (vgl. rechts stehendes Bild):

$$\delta = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}$$



Quelle: Westphal: Physikalisches Praktikum, (vgl. Vorbereitungsmappe)

## 2 Eichung eines Prismenspektrometers

Ein ausgewähltes Prisma soll nun geeicht werden. Dazu schickt man ein bekanntes Spektrum auf das Prisma. Das Prisma wird so eingestellt, dass es für *eine* ausgewählte Linie in der Mitte des Spektrums die Stellung der minimalen Ablenkung einnimmt. Für die anderen Strahlen wird das Prisma nicht mehr bewegt! Über die bekannten Wellenlängen und die gemessenen Ablenkwinkel kann ein Zusammenhang zwischen dem Ablenkwinkel  $\delta$  und der Wellenlänge  $\lambda$  gefunden werden, sodass im Folgenden aus einem bekannten Ablenkwinkel über diese Relation die Wellenlänge des einfallenden Lichtes bestimmt werden kann.

## 3 Absorptionsspektrum einer Farblösung

Eine Farblösung wird mit einem kontinuierlichen Spektrum beleuchtet. Nun können über das oben geeichte Prismenspektrometer die Winkel gemessen werden, die zu den absorbierten Wellenlängen gehören. Aus diesem Winkel kann über die obige Relation die Wellenlänge gewonnen werden.

## 4 Absorptionskante von Cadmiumsulfid

Analog zur Aufgabe 3 sollen nun das Absorptionsverhalten eines Cadmiumsulfidkristalls untersucht werden. Der Kristall absorbiert ab einer Wellenlänge von 512 nm, da ab hier die Energie<sup>1</sup> ausreicht, um Elektronen vom Valenzband des Halbleiters ins Leitungsband anzuregen. Deshalb sollte sich auch eine relativ scharfe Absorptionskante ergeben.

<sup>1</sup>die Grenzenergie berechnet sich zu  $E = \frac{hc}{\lambda} = 2,42 \text{ eV}$

## 5 Eichen des Gitterspektrometers

In den folgenden Versuchen wird ein Gitterspektrometer verwendet werden. Der Unterschied zum Prisemspektrometer liegt darin, dass man zum Trennen der verschiedenen Wellenlängen nun ein Gitter anstatt des Prismas verwendet. Das Gitter wird senkrecht in den Strahlengang gebracht. Je nach Wellenlänge entstehen die Beugungsmaxima unter unterschiedlichen Winkeln. Trifft Licht der Wellenlänge  $\lambda$  auf ein Gitter mit der Gitterkonstanten  $D$  (=Abstand zwischen zwei Spalten) so ist das  $n$ -te Beugungsmaximum unter dem Winkel  $\varphi$  zu sehen.

$$n \cdot \lambda = D \cdot \sin(\varphi)$$

Verfügt man nun über eine Lichtquelle, deren Linienspektrum bekannt ist, kann man, indem man die Winkel, unter denen die Maxima  $n$ -ter Ordnung der verschiedenen Wellenlängen auftreten, bestimmt, die Gitterkonstante berechnen. Dies kann, wenn genügend Messwerte vorliegen, zum Beispiel mit Hilfe einer linearen Regression gemacht werden. Trägt man  $n \cdot \lambda$  über  $\sin(\varphi)$  auf, so entspricht  $D$  der Steigung der Regressionsgeraden. Laut Vorbereitung hat das verwendete Gitter etwa eine Linienzahl von 100/nm.

## 6 Auflösungsvermögen

Nun soll das spektrale Auflösungsvermögen des Prismas und des Gitters bestimmt werden. Der Begriff Auflösungsvermögen ist vor allem von optischen Instrumenten bekannt. Bei einem Fernrohr oder Mikroskop ist das Auflösungsvermögen ein Kriterium dafür wie nah zwei einzelne Punkte zusammen liegen dürfen damit sie mit dem Gerät noch als einzelne Punkte zu erkennen sind (d.h. die Punkte sollen noch auflösbar sein). In unserem Fall bezieht sich das Auflösungsvermögen auf die Wellenlänge der Spektrallinien. Wenn die Wellenlängen im Spektrum nicht weit genug auseinander liegen, sind sie mit Hilfe eines Prismas oder eines Gitters eventuell nicht mehr als einzelne Linien erkennbar. Für das Auflösungsvermögen  $\lambda/\Delta\lambda$  eines Prismas gilt folgende Formel:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = L \cdot \frac{dn}{d\lambda} \quad \text{Auflösungsvermögen eines Prismas}$$

$L$  ist dabei die Basislänge des Prismas und  $\frac{dn}{d\lambda}$  die Dispersion. Die mittlere Steigung der Dispersionskurve im Bereich der Natriumdampflinie erhält man entweder aus der in 1 aufgenommenen Dispersionskurve, oder aus den Literaturdaten aus der Vorbereitungsmappe.

Für das Auflösungsvermögen des Gitters gilt folgende Formel:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = n \cdot N = n \cdot \frac{b}{D} \quad \text{Auflösungsvermögen eines Gitters}$$

$n$  gibt die Ordnung des Maximums an. Das Auflösungsvermögen eines Gitters unterscheidet sich also je nach Beugungsordnung.  $N$  ist die Anzahl der beleuchteten Spalte. Diese lässt sich aus dem Abstand der Einzelspalte  $D$  und der Gitterbreite  $b$  bestimmen.

Im Versuch soll untersucht werden, ob die Natriumdoppellinie mit den Prismen oder dem Gitter noch auflösbar ist. Das Spektrum von Natrium besteht aus Linien bei  $\lambda = 588,9\text{nm}$  und  $\lambda = 589,6\text{nm}$ <sup>2</sup>. Diese zwei Linien haben also nur einen Abstand von  $\Delta\lambda = 0,7\text{nm}$ . Um diese Linie auflösen zu können müsste also mindestens ein Auflösungsvermögen von

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 842$$

vorliegen.

<sup>2</sup>Werte aus Literatormappe entnommen

## 7 Gitterspektren

Es sollen nun die Gitterspektren von Au-, Cr- und Si-Schichten qualitativ betrachtet werden. Das quantitative Ausmessen folgt in der nächsten Aufgabe.

## 8 Ausmessen der Spektren

Es sollen nun die Spektren von zwei Diagonalgläsern erst ohne Beschichtung und dann mit drei verschiedenen Beschichtungen (Au, Cr, Si) aufgenommen werden. Die unter bestimmten Winkeln auftretenden Intensitäten werden mit Hilfe von einer Photodiode registriert. Da bekannt ist, unter welchen Winkeln die Beugungsmaxima der verschiedenen Wellenlängen beim Gitter auftreten, misst man so die Intensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Die Intensitätskurven der einzelnen Messungen sind jedoch nicht aussagekräftig, da die Photodiode in verschiedenen Wellenlängenbereichen unterschiedlich empfindlich reagiert. Bildet man den Quotienten der Intensitätsverteilung mit Beschichtung und ohne Schicht, so ist die Empfindlichkeit der Photodiode egal. Diese sogenannte Transmissionskurve soll aufgetragen werden.

$$T(\lambda) = \frac{I_{\text{Schicht}}(\lambda)}{I_{\text{leer}}}(\lambda)$$

Die Intensitätsmesswerte sollen im Abstand von 50-100nm genommen werden. Misst man nur die Maxima erster Ordnung aus, so entspricht dieser Abstand ungefähr einem Winkel von  $0,3^\circ$ - $0,5^\circ$ .

## 9 Resonanzabsorption der Na-D-Linie in Na-Dampf

Beleuchtet man eine Natrium-Dampföhre im Heizofen mit einem kontinuierlichen Spektrum, so absorbiert der Natriumdampf Licht der Wellenlänge der Natriumdoppellinie ( $\lambda = 588,9\text{nm}$  und  $\lambda = 589,6\text{nm}$ ). Diese Linien fehlen also im Spektrum, bzw. erscheinen stark abgeschwächt. Gleichzeitig kommt es aber auch zum sogenannten Sekundärleuchten: der angeregte Natriumdampf strahlt Licht der Wellenlängen der Natriumdoppellinie in alle Raumrichtungen ab. Beleuchtet man die Na-Dampföhre mit einer Na-Dampfampe, so ist ebenfalls eine abgeschwächte Na-D-Linie und das Sekundärleuchten zu erwarten.