

# AG Auflösungsvermögen von Prisma und Gitter

## Literatur

- Bergmann/Schaefer: *Lehrbuch der Experimentalphysik*, Vol. III (Optik) 10. Auflage, Kap. 3.9 (insbesondere 3.9.3 Prisma)
- Gerthsen Physik: 22. Auflage, Kap. 10.1
- Staudt: *Script Experimentalphysik III (Atomphysik)* Kap. 3.6
- Anleitungen zu den Versuchen GI und GS

## 1. Vorbereitung

- Leiten Sie schriftlich die Gleichungen (AG.1) bis (AG.4) her.
- Warum werden für die Auswertung die Gleichungen (AG.2) und (AG.4) anstelle der Gleichungen (AG.1) und (AG.3) verwendet?
- Welches sind die charakteristischen Unterschiede zwischen einem Beugungsspektrum und einem Prismenspektrum? Dabei sind folgende Punkte zu betrachten: Anordnung der Spektrallinien, Maßstab des Spektrums und Zahl der ähnlichen Spektren und Winkelabhängigkeit der gebeugten/gebrochenen Wellenlänge.

## 2. Aufgaben

1. An den beiden gelben Hg-Linien bestimme man mit einem Gitter das notwendige Auflösungsvermögen Gleichung AG.2 in mindestens drei unterschiedlichen Ordnungen.
2. Aus der Beobachtung der beiden gelben Hg-Linien bestimme man das Auflösungsvermögen mit einem Prisma nach Gleichung (AG.4).
3. Vergleichen Sie die gefundenen Werte von  $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$  mit dem theoretischen Wert  $\frac{578 \text{ nm}}{2,1 \text{ nm}}$ .

Die Messungen werden mehrfach durchgeführt, so dass eine Berechnung des zufälligen und Abschätzung des systematischen Fehlers möglich sind. Nutzen Sie hierbei geeignete Verfahren zur Gewichtung der Einzelmessungen (vgl. auch Anhang Seite 214).

### 3. Grundlagen

Ein Maß für die Güte von Spektralapparaten ist das Auflösungsvermögen. Es ist definiert als  $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ . Der Grund für das begrenzte Auflösungsvermögen liegt in der Beugung des verwendeten Lichtbündels endlichen Querschnitts. Es existieren nun zwei Elemente um einen Spektralapparat aufzubauen. Ziel des Versuches ist es das Auflösungsvermögen dieser Elemente soweit einzuschränken, dass die gelbe Doppellinie (577,0 nm und 579,1 nm) im Quecksilberspektrum gerade noch aufgelöst werden kann.

#### 3.1. Gitter

Das Auflösungsvermögen des Gitter ist gegeben durch:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN. \quad (\text{AG.1})$$

Dabei sind  $k$  die Ordnung der Beugung und  $N$  die Zahl der interferierenden Strahlen (Gitterstriche). Diese Gleichung lässt sich umformen zu

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{B \sin \varphi}{\lambda \cos \varphi} = \frac{B}{\lambda} \tan \varphi \quad (\text{AG.2})$$

$\varphi$  ist dabei der Winkel zwischen der nullten Ordnung und dem mittleren Wert der beiden gelben Hg-Linien in der beobachteten Ordnung und  $B$  die Breite des Messspaltes. Das Auflösungsvermögen des Gitters wird verständlicherweise durch  $B$  eingeschränkt.

#### 3.2. Prisma

Die Theorie liefert für das Auflösungsvermögen des Prismas:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = b \cdot \frac{dn}{d\lambda}, \quad (\text{AG.3})$$

wobei  $b$  die effektive Basisbreite und  $\frac{dn}{d\lambda}$  die Dispersion des Prismas sind. Eine andere Gleichung für das Auflösungsvermögen, die man aus einfachen geometrischen Überlegungen gewinnt und die der Messung gut zugängliche Größen enthält, ist:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = B \cdot \frac{\Delta\epsilon}{\Delta\lambda} \quad (\text{AG.4})$$

Hierbei sind  $B$  die Spaltbreite und  $\Delta\epsilon$  der Unterschied im Ablenkwinkel zwischen den beiden gelben Hg-Linien.

## 4. Durchführung

### 4.1. Justierung des Spektralapparates

Notieren Sie die Nummer des Gerätes, des Gitters und des Prismas! Das Beobachtungsfernrohr muss zunächst auf unendlich eingestellt werden. Dazu nimmt man es aus der Halterung heraus und stellt es auf einen fernen Gegenstand scharf ein. Nun muss der Beleuchtungsspalt  $BSp$  in die hintere Brennebene der Kollimatorlinse  $KLi$  gebracht werden; dies ist erreicht, wenn man den Spalt in dem auf unendlich eingestellten Fernrohr scharf sieht. Das Kollimatorrohr ist genau auf die Lichtquelle  $Q$  zu richten, damit man ein helles Bild des Beleuchtungsspalt es erhält; dieser ist dann so eng wie möglich einzustellen.

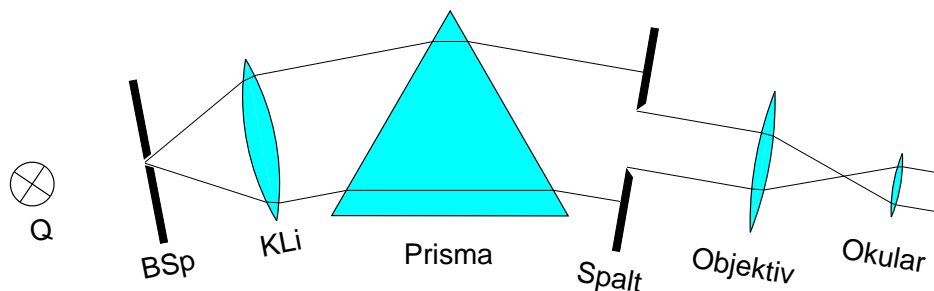


Abbildung AG.1: Versuchsanordnung

Die Breite des Messspaltes kann bei Apparatur 1 an einer Präzisions-Messuhr bzw. bei Apparatur 2 und 3 an einer Mikrometerschraube abgelesen werden. Bei beiden Messverfahren muss der Nullpunkt der Skala bestimmt und die gemessene Spaltbreite entsprechend korrigiert werden. Zur Einstellung der Breite des Messspaltes auf Null wird der Beleuchtungsspalt sehr weit aufgedreht.

Bei der Bestimmung der Spaltbreite ist zu beachten, dass die Spindel des Spalts einen toten Gang hat. Wie muss man vorgehen, damit daraus kein Messfehler entsteht?

### 4.2. Prisma

Das Prisma muss so eingesetzt werden, dass man symmetrischen Strahlengang (Minimalablenkung) erhält. (Das Bild des Beleuchtungsspalt es darf durch das Einsetzen des Prismas nicht unschärfer werden!) Nun wird mit dem Messspalt  $Sp$  das ins Fernrohr eintretende Lichtbündel so weit begrenzt, dass die gelben Hg-Linien gerade noch bzw. gerade nicht mehr getrennt werden können. Die halbe Differenz dieser beiden Messwerte ist jeweils die Ungenauigkeit. Diese Messung ist fünfmal durchzuführen. Daraus ergeben sich 5 Messwerte mit Fehlern. Durch gewichtete Mittelwertbildung ergibt sich die vorläufige Spaltbreite. Weiterhin muss der Nullpunkt des Messspaltes (ca. 10-fach) gemessen werden (an dem gerade kein Licht mehr durchkommt). Die vorläufige Spaltbreite muss um den Nullpunkt korrigiert werden.

Zur Bestimmung der Winkeldifferenz zwischen den beiden gelben Hg-Linien vermisst man den Winkel zwischen der gelben Hg-Linie (579,1 nm) und der grünen Hg-Linie (546,3 nm) und interpoliert. Gehen Sie davon aus, dass die Winkeländerung proportional zur Wellenlängenänderung ist.

### 4.3. Gitter

Das Gitter ist senkrecht zum einfallenden Lichtbündel (Achse des Kollimatorrohres) zu stellen. Dazu stellt man das Fadenkreuz auf das Bild des Beleuchtungsspalt. Blickt man nun über das Fernrohr auf das Gitter, so sollte man das eigene Auge erkennen können. Analog zum Prisma wird das Strahlenbündel mit dem Messspalt begrenzt und fünfmal die Spaltbreite bestimmt, bei der die beiden Linien gerade noch bzw. gerade nicht mehr getrennt sind. Die Messung ist in mindestens drei Beugungsordnungen durchzuführen, in denen die gelben Hg-Linien ohne Messspalt  $S_p$  gut getrennt sind.