

## OPS Optische Spektroskopie

Stichpunkte zur Vorbereitung:

*Beugung, Interferenz (an Doppelspalt/optischen Gitter), Interferenzmaxima, Beugungsgitter, Linsen, Konstruktion des Strahlengangs an Linsen, Brechung, Dispersion, Zerlegung des Lichts, Gitter-/Prismenspektrometer.* Nutzen Sie hierfür die Dokumente **Einführung in die Optik, Einführung - optische Komponenten**.

Unter Optischer Spektroskopie werden im Allgemeinen experimentelle Verfahren zusammengefasst, die die Wechselwirkung von Licht mit Materie untersuchen. Im engeren Sinne beschäftigt sich die optische Spektroskopie mit der Aufspaltung des Lichts während dieser Wechselwirkung. Weißes Licht, z.B. Sonnenlicht, setzt sich aus einem kontinuierlichen Spektrum aus allen Farben zusammen. An einem Regenbogen kann beobachtet werden, wie Wassertropfen das Sonnenlicht in seine Bestandteile zerlegen.

Im Labor werden zur Zerlegung des Lichts optische Instrumente wie das Beugungsgitter oder das Prisma eingesetzt. Das Zerlegungsbild, das man dabei erhält, nennt man Spektrum. In diesem Versuch sollen Sie das Beugungsgitter kennenlernen und mittels dieser die Spektren unterschiedlicher Gase untersuchen. Abschließend sollen die Unterschiede bei der Nutzung eines Beugungsgitters mit der eines Prismas verglichen werden.

### OPS.1 Versuchsdurchführung

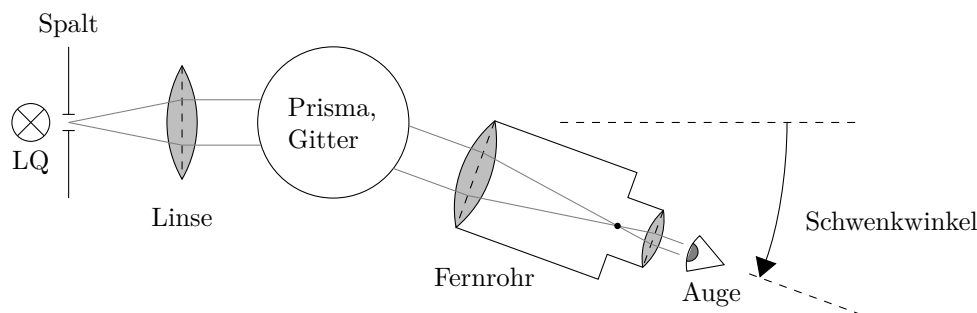


Abbildung 1: Schematischer Aufbau eines Spektrometers: Vor der Lichtquelle LQ wird ein Spalt aufgestellt, so dass der Spalt in der Brennebene einer Sammellinse steht. Hinter der Linse werden die Lichtstrahlen an einem Prisma oder Gitter gebrochen und können durch ein Fernrohr, das auf einem schwenkbaren Tisch angebracht ist, beobachtet werden.

Zur quantitativen Messung der Ablenkung an einem Prisma oder einem Gitter ist paralleles Licht definierter Richtung erforderlich, das mit einem Kollimator erzeugt wird. Er besteht z.B. aus einer Sammellinse, in dessen Brennpunkt ein Spalt aufgestellt wird (Abbildung 1). Der Spalt wird beleuchtet und stellt so eine (in einer Raumebene) punktförmige Lichtquelle dar. Zur Beobachtung des parallelen Lichtes wird ein auf unendlich eingestelltes Fernrohr benutzt, das den Spalt zunächst in die Brennebene des Fernrohrobjektivs (Zwischenbildebene) abbildet und in der es mit einem Okular (Lupe) vergrößert betrachtet wird. In der Zwischenbildebene ist zur Festlegung der Beobachtungsrichtung zusätzlich ein Fadenkreuz angebracht. Das Fernrohr ist schwenkbar um den Prismen- bzw. Gittertisch. Die Beobachtungsrichtung des Fernrohrs kann an einer Winkelskala mit Nonius abgelesen werden.

### OPS.2 Aufgaben

Zwei gebräuchliche Elemente, mit denen man optische Spektren erzeugen kann, sind das Prisma und das Beugungsgitter. Der Versuch wird mit einem Gitterspektrometer durchgeführt. Im letzten Versuchsteil erfolgt ein qualitativer Vergleich mit einem Prismenspektrometer.

## Aufgaben zum Gitterspektrometer

### 1. Aufbau und Justierung eines optischen Spektrometers.

*Der korrekte Aufbau und eine sorgfältige Justierung der Apparatur tragen zum Verständnis der optischen Komponenten und der Apparatur bei und sind eine wichtige Voraussetzung für eine einwandfreie Durchführung der Messungen.*

*Man beginnt zweckmäßigerweise mit der Justierung des Kollimators durch Autokollimation: Mit einem Spiegel wird das aus dem Kollimator kommende Licht auf die Kollimatorlinse zurückgeworfen und das dadurch erzeugte Bild des Spaltes auf den Spaltbacken selbst beobachtet. Aus der Brennpunkteigenschaft der Linse folgt, dass dieses Bild nur dann scharf ist, wenn der Spalt in der Brennebene der Linse steht. Diese Einstellung kann durch Verschieben des Spaltes kontrolliert werden.*

*Am Fernrohr wird zunächst bei entspanntem Auge das Fadenkreuz scharf eingestellt (Okular dazu von der optischen Bank nehmen und gegen einen erleuchteten Hintergrund halten). Dann wird bei wiedereingesetztem Okular der Spalt beobachtet und die Objektivlinse so justiert, dass man ein scharfes Bild erhält (Einstellung des Fernrohrs auf  $\infty$ ). Kriterium für eine gute Einstellung ist Parallaxenfreiheit, bei der das Bild des Spaltes genau in der Ebene des Fadenkreuzes liegt, so dass Spaltbild und Fadenkreuz sich bei seitlicher Bewegung des Auges nicht gegeneinander verschieben. Unter Umständen erscheint die eine Kante des Spaltbildes unscharf und überstrahlt, was gegebenenfalls an einer Schrägstellung des Spaltes zum Strahlengang liegen und durch leichtes Drehen des Spaltes korrigiert werden kann.*

*Danach wird der Prismen-/Gittertisch im Drehpunkt des Spektrometers waagrecht ausgerichtet (Stellschrauben). Zum Schluss wird als erste Messeinstellung das Fadenkreuz präzise auf den Spalt eingestellt und der zugehörige Winkel an der Winkelskala abgelesen (1/100-Grad-Nonius; machen Sie sich mit dem Gebrauch des Nonius vertraut). Diese Einstellung ( $\approx 180^\circ$ ) ist der Bezugswert, aus dem sich die anschließenden Messwerte (Ablenkwinkel, Beugungswinkel) durch Differenzbildung ergeben.*

### 2. Kalibrierkurve: Erstellen Sie anhand des Quecksilberspektrums eine Kalibrierkurve.

*Beim Einsetzen des Gitters muss auf eine richtige Orientierung des Gitters (siehe Hinweise im Platzskript) und auf eine senkrechte Ausrichtung des Gitters zum Strahlengang geachtet werden. Diese Justierung kann wieder durch Autokollimation, d.h. den Rückreflex des leicht verspiegelten Gitterträgers auf die Backen des Kollimatorspaltes kontrolliert werden.*

*Die Gitter sind so hergestellt, dass sich die größte Intensität und die besten Abbildungsverhältnisse in einer bestimmten Ablenkungsrichtung und Ordnung ergeben. Neben den eigentlichen Beugungsmaxima können durch Reflexionen sogenannte Geisterlinien entstehen, die aber an verfälschten Farben und ihrer unzutreffenden Lage erkannt werden können.*

*Aufnahme des Spektrums einer Quecksilberlampe (Beugungswinkel  $\alpha$  in Abhängigkeit von der Wellenlänge  $\lambda$ ). Die Messung besteht darin, alle beobachtbaren Linien des Hg-Spektrums zu identifizieren (siehe Darstellungen des Spektrums im Platzskript) und die zugehörigen Winkel zu messen (Einstellungen des Fernrohrs). Orientieren Sie sich zunächst an den starken Linien und vermessen Sie dann die schwächeren Linien. Zur Auswertung wird eine Kalibrierkurve anhand des Hg-Spektrums gezeichnet (Winkel-einstellungen gegen die Wellenlängen). Um eine hinreichende Genauigkeit zu erzielen, muss die Kalibrierkurve sehr sorgfältig angefertigt und eine Ausgleichskurve mit einem Kurvenlineal eingetragen werden.*

### 3. Gitterkonstante: Berechnung der Gitterkonstanten $d$ an Hand der Linien des Quecksilberspektrums.

*Zur Bestimmung der Gitterkonstanten wird das gesamte Hg-Spektrum in der 1. Ordnung und zusätzlich die gelbgrüne Linie ( $\lambda = 546 \text{ nm}$ ) auch in der 2. Ordnung verwendet. Die Auswertung der Gitterkonstanten erfolgt numerisch - siehe **Einführung in die Optik, Einführung - optische Komponenten**. Für das Endergebnis der Gitterkonstanten ist ein Mittelwert zu berechnen.*

4. **Spektralanalyse:** Spektroskopische Untersuchung einer unbekanntes Lampe.  
*Das Spektrum der "unbekanntes" Lampe wird in der 1. Ordnung ausgemessen. Zur Abschätzung der Messunsicherheit -ist neben der Ablesegenauigkeit der Winkelskala- zu berücksichtigen, wie reproduzierbar die Einstellung der Linien ist. Die Wellenlängen der Linien der "unbekanntes" Lampe sollen sowohl anhand der Kalibrierkurve aus Aufgabe 2 als auch numerisch mittels Aufgabe 3 bestimmt werden.*  
**Vergleichen Sie die Genauigkeit der beiden Methoden.**
5. **Vergleich:** Qualitative Beobachtung des Quecksilberspektrums mit einem Prisma und Diskussion der charakteristischen Unterschiede.  
*Das Beugungsgitter wird gegen das Prisma ausgetauscht. Beobachten, protokollieren und diskutieren Sie die charakteristischen Unterschiede im Spektrum (Reihenfolge der Linien, Auflösungsvermögen).*