

O4 GITTERSPEKTROMETER

PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

Grundbegriffe: Interferenz, Huygens-Fresnelsches Prinzip, Beugung an Spalt und Gitter, Auflösungsvermögen eines Spektrometers.

Gitterspektrometer dienen zur spektralen Zerlegung der Strahlung von Lichtquellen und insbesondere zur Messung der Wellenlänge von Spektrallinien. Ein Gitterspektrometer besteht aus

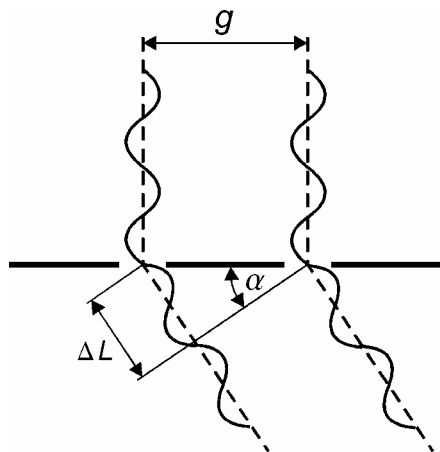


Abb. 1 DOPPELSPALT

der zu untersuchenden Lichtquelle, dem Kollimator, einem Beugungsgitter und einem Beobachtungsfernrohr (vgl. Abb. 1 beim Versuch O3). Das optische Beugungsgitter besteht aus einer Anordnung nebeneinander liegender paralleler Spalte bzw. reflektierender Streifen, deren Periode als Gitterkonstante g bezeichnet wird. Eine auf einen Doppelspalt (Abb. 1) auftreffende ebene monochromatische Wellenfront führt zur phasengleichen Erregung in jedem Punkt der Spalte. Betrachtet man die unter dem Beobachtungswinkel α ausgehenden Wellen, die in der Brennebene des Fernrohres miteinander interferieren, dann ergibt sich ein Intensitätsmaximum, wenn der

Gangunterschied

$$\Delta L = g \sin \alpha_k = k \lambda \quad \text{mit } k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots \quad (1)$$

ist. Hierbei bezeichnet k die Beugungsordnung; in Abb. 1 ist der Fall $k = 1$ gezeichnet. Geht man vom Doppelspalt zum Gitter über, dann gibt es Richtungen, unter denen sich die von allen Spalten ausgehenden Wellen verstärken; sie sind durch Gl. (1) gegeben. Zwischen diesen Hauptmaxima liegen so genannte Nebenmaxima, die dadurch entstehen, dass in diesen Richtungen nur die von einigen Spalten ausgehenden Wellen sich verstärken.

Die Intensitätsverteilung an einem Gitter der Spaltzahl $N = 5$ (Abb. 2, ausgezogene Linie für eine bestimmte Wellenlänge λ) zeigt die geringere Intensität der Neben-

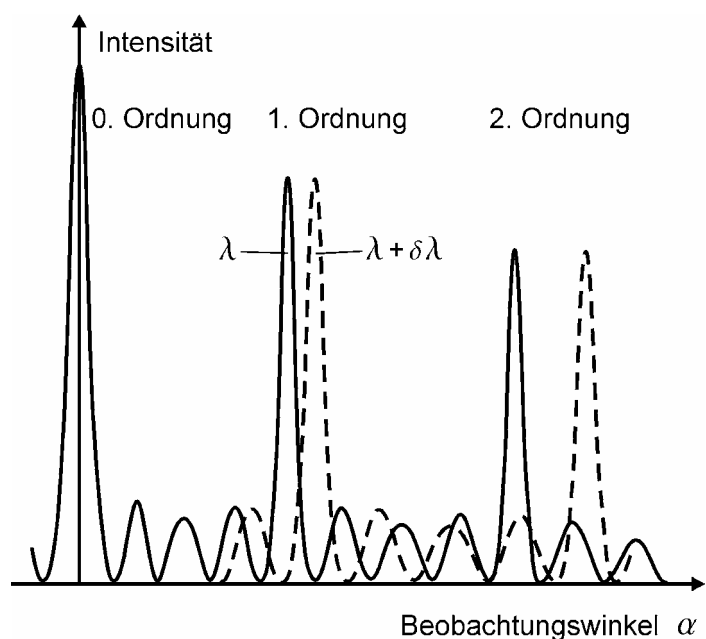


Abb. 2 AUFLÖSUNGSVERMÖGEN

maxima im Vergleich zu den Hauptmaxima verschiedener Ordnung. Mit wachsender Spaltzahl wird die gesamte Intensität in den Hauptmaxima konzentriert, die man Spektrallinien nennt.

Für eine größere Wellenlänge $\lambda + \delta\lambda$ ist die Bedingung für die Intensitätsmaxima für rel. größere Beugungswinkel α_z erfüllt, es entsteht also die Spektrallinie für $\lambda + \delta\lambda$ an einer anderen Stelle in der Brennebene des Fernrohres (gestrichelte Linie in Abb. 2). Die Spektrallinien für λ und $\lambda + \delta\lambda$ sind nur dann in der k-ten Ordnung (Abb.2 zeigt Beispiel für k=1) voneinander unterscheidbar, man sagt „aufgelöst“, wenn das Intensitätsmaximum mindestens mit dem 1. Nebenminimum der benachbarten Spektrallinie zusammenfällt. Ist der Abstand kleiner, löst das Gitter diese beiden Spektrallinien nicht mehr auf. Das Auflösungsvermögen kennzeichnet also die spektrale Trennfähigkeit des Gitters und ist definiert als $\lambda/\delta\lambda$, wobei $\delta\lambda$ die kleinste noch auflösbare Wellenlängendifferenz bei der Wellenlänge λ ist. Aus theoretischen Überlegungen ergibt sich für das Auflösungsvermögen in der k-ten Ordnung

$$\lambda/\delta\lambda = N k, \quad (2)$$

wobei N die Zahl der an der Beugung beteiligten Gitterspalte ist.

AUFGABEN

1. Mit Hilfe einer bekannten Hg-Linie ermittle man die Gitterkonstante g .
2. Die Wellenlängen zweier weiterer Hg-Linien und die mittlere Wellenlänge des Na-Dubletts sind zu bestimmen.
3. Man berechne das Auflösungsvermögen (Gl. (2)) des Gitters für verschiedene Ordnungen k und vergleiche die Werte mit den Beobachtungen bei der Auflösung des Na-Dubletts.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Justierung des Spektrometers erfolgt wie beim Prismenspektrometer (vgl. Versuch O3). Man beachte, dass die Spektrallampen nur über eine Drossel an die Netzspannung angeschlossen werden dürfen.

Für Aufgabe 1 wähle man die grüne Hg-Linie ($\lambda = 546,1 \text{ nm}$) und für Aufgabe 2 die blaue und die gelbe Hg-Linie sowie die gelbe Natriumlinie.

Für Aufgabe 3 ermittle man experimentell, in welcher Ordnung das Na-Dublett als zwei getrennte Linien beobachtet werden kann und vergleiche mit dem theoretischen Wert (Gl. (2)). Dazu bestimme man N aus der Größe der ausgeleuchteten Gitterfläche und der Gitterkonstanten (Aufgabe 1).

FRAGEN

1. Was versteht man unter kohärentem Licht?
2. Wie kann das Reflexions- und das Brechungsgesetz mit dem Huygens-Fresnel-Prinzip erklärt werden?
3. Skizzieren Sie den Strahlengang in einem Gitterspektrometer!