

# GS - Gitterspektrometer

## Blockpraktikum Sommersemester 2005

Alexander Seizinger, Tobias Müller  
Assistent Florian Jessen

Tübingen, den 28. September 2005

### 1 Vorwort

In diesem Versuch bestimmten wir die Wellenlänge des von einer Natriumdampflampe ausgesandten Lichts und die Spaltbreite eines Gitters indem wir das Beugungsmuster betrachteten.

### 2 Theoretische Grundlagen

#### 2.1 Interferenz

Überlagern sich mehrere Wellen so bestimmt man die Amplitude der resultierenden Welle indem man die Amplituden der einzelnen Wellen aufsummiert. Bei gleicher Amplitude ergibt sich somit für einen Phasenunterschied  $\Delta\varphi$  von  $\Delta\varphi = k \cdot 2\pi$  mit  $k \in \mathbb{N}_0$  ein Maximum, man spricht auch von konstruktiver Interferenz.

Für  $\Delta\varphi = (2k + 1) \cdot 2\pi$  mit  $k \in \mathbb{N}_0$  löschen sich die Wellen aus, man spricht von destruktiver Interferenz.

#### 2.2 Interferenz am Einzelspalt

Bei einem Einzelspalt der Breite  $b$  beobachtet man Minima genau dann, wenn für den Gangunterschied  $\Delta s$  der vom linken und rechten Rand ausgehenden Elementarwellen gilt:

$$\Delta s = k \cdot \lambda, \quad k \in \mathbb{N}^+$$

Durch elementare Geometrie und die Näherung paralleler Strahlen erhält man für die zugehörigen Winkel  $\alpha_k$ :

$$k \cdot \lambda = b \cdot \sin \alpha_k$$

#### 2.3 Gitter

Bei einem Gitter mit  $N$  Spalten ergibt sich eine ähnliche Intensitätsverteilung wie beim Doppelspalt. Allerdings liegen zwischen je zwei Hauptmaxima  $(N - 2)$  Nebenmaxima kleinerer Intensität. Die Hauptmaxima selbst sind schärfer als die des Doppelspalts.

Bezeichne nun  $g$  den Abstand der Spaltmitten, so beobachtet man unter der Näherung, dass von jedem Spalt nur eine Elementarwelle ausgeht, ein Intensitätsmaximum genau dann, wenn der Gangunterschied  $\Delta s$  zwischen den einzelnen Elementarwellen

$$\Delta s = k\lambda, \quad k \in \mathbb{N}^+$$

beträgt. Das  $k$ -te Maximum lässt sich also unter dem Winkel

$$\sin \alpha_k = \frac{k\lambda}{g}$$

beobachten.

### 3 Versuchsdurchführung

#### 3.1 Bestimmung der Winkel

Das Licht der Natriumdampflampe fällt durch einen Spalt auf ein Gitter mit Spaltenabstand  $g = 10\mu\text{m}$ . Mit einem vorher fokussierten Fernrohr, das auf einer drehbaren Scheibe befestigt ist, maßen wir nun die Winkel bis zu den Maxima zweiter, vierter, sechster und achter Ordnung.

#### 3.2 Bestimmung der Spaltbreite $b$

Zur Bestimmung der Spaltbreite nutzen wir aus, dass sich beim Gitter die Interferenzmuster von Einzelspalt und Gitter überlagern - manche Maxima des Gitters werden von Minima des Einzelspalts überlagert. Durch Gleichsetzen ergibt sich

$$\frac{k_g \lambda}{g} = \frac{k_b \lambda}{b}$$

und damit

$$\frac{g}{b} = \frac{k_b}{k_g}$$

## 4 Auswertung

### 4.1 Gewichtetes Mittel

Bei der Winkelmessung ergibt sich folgendes Problem:

Die gemessenen Winkel werden immer größer, der absolute Fehler beim Ablesen ändert sich jedoch nicht. Daher ist der relative Fehler bei kleinen Winkeln wesentlich größer als bei großen Winkeln. Deswegen bedienen wir uns hier dem sog. *gewichteten Mittel*.

Sei  $A$  unsere zu bestimmende Größe,  $\bar{a}_k$  die mit unterschiedlichen Fehlern behafteten Messwerte, dann ergibt sich unsere gemittelte Größe  $\bar{A}$  durch

$$\bar{A} = \frac{\sum x_k \bar{a}_k}{\sum x_k}$$

wobei  $x_k$  die Gewichtung darstellen und sich berechnen durch

$$x_k = \frac{1}{(\Delta a)^2}$$

### 4.2 Aufgabe 1

Mit Hilfe der ermittelten Werte lässt sich die Wellenlänge der Natriumlampe zu

$$\lambda = 589,8 \text{ nm}$$

bestimmen. Der Fehler (Gaußsche Fehlerfortpflanzung) beläuft sich auf

$$\sigma_\lambda = 0,35 \text{ nm}$$

Damit liegt der Wert sehr nahe der Literaturwerte:

$$\lambda_1 = 589,59 \text{ nm}, \quad \lambda_2 = 589,00 \text{ nm}$$

### 4.3 Aufgabe 2

Im Vergleich zu seinen Nachbarn fiel das zweite Maximum wesentlich schwächer aus. Nimmt man hier das Minimum an dann ergibt sich:

$$b = \frac{g k_g}{k_b} = \frac{10 \mu\text{m}}{2} = 5 \mu\text{m}$$

### 4.4 Auflösungsvermögen

Zur Bestimmung des Auflösungsvermögens ermittelten wir, ab welcher Ordnung wir das Maximum der beiden Na-Linien getrennt beobachten konnten. Damit lässt sich die Zahl der beleuchteten Gitterspalte bestimmen:

$$N = \frac{\lambda}{k \Delta\lambda} = \frac{589 \text{ nm}}{2 \cdot 0,59 \text{ nm}} \approx 499$$

Da bei einem Gitter der Breite  $d = 1,5 \text{ cm}$  mit Gitterkonstanten  $g = 10 \mu\text{m}$  die Spaltanzahl  $N$  eigentlich betragen sollte:

$$N = \frac{d}{g} = \frac{1,5 \text{ cm}}{10 \mu\text{m}} = 1500$$

Es wurden also nicht alle Spalte beleuchtet.