

3.8 Beugung am Spalt

1. Physikalische Grundlagen

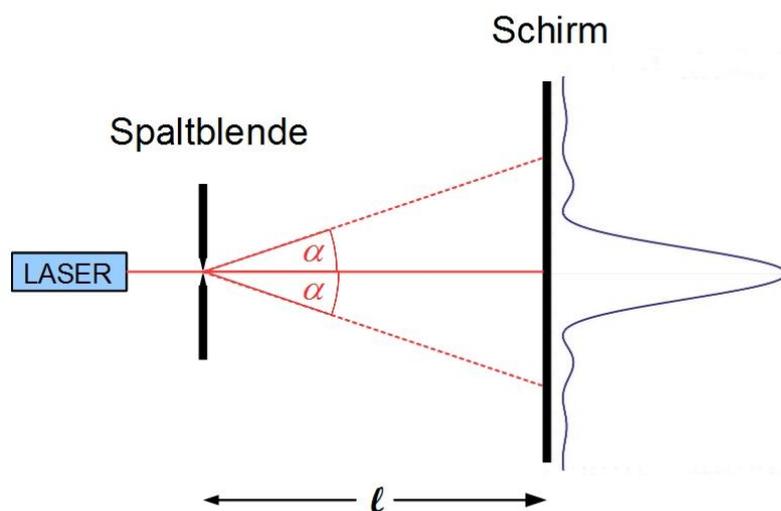
Das Licht eines Lasers ist als eine ebene monochromatische elektromagnetische Welle aufzufassen. Trifft diese Welle (senkrecht) auf die Öffnung einer Spaltblende, so ist nach dem Huygensschen Prinzip jeder von der Welle erfasste Punkt der Spaltöffnung Ausgangspunkt einer Elementarwelle. All diese Elementarwellen überlagern sich, wodurch hinter dem Spalt ein Interferenzmuster entsteht. Dessen Intensitätsverteilung wird durch die Funktion $S(\beta)$

$$S(\beta) = S_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad (1)$$

mit

$$\beta = \pi \cdot \frac{b}{\lambda} \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

beschrieben.



Hierin ist

- b : Spaltbreite
- l : Abstand, Spalt - Schirm
- λ : Wellenlänge des Lichtes
- α : Beugungswinkel

Aus der Funktion $S(\beta)$ lassen sich die Lage der Minima und Maxima der Intensität bestimmen. Diese liegen symmetrisch um das Hauptmaximum ($\alpha_0 = 0$).

Nebenminima der Ordnung m : $\sin \alpha_{\min} = \frac{\lambda}{b} \cdot m$, $m = 1, 2, 3, \dots$

Maxima: $\sin \alpha_{\max} = \frac{\lambda}{b} \cdot m^*$

$m^* = 1.4303; 2.4590; 3.4709; 4.4774; 5.4815; 6.4844; 7.4865; 8.4881; 9.4893; 10.490$

2. Aufgabenstellung

Es ist die Intensitätsverteilung des Beugungsmusters einer Spaltblende bei verschiedenen Spaltbreiten und Wellenlängen des verwendeten Lichtes zu messen. Dazu kann bei fest eingestellter Spaltbreite wahlweise mit zwei verschiedenen Lasern gearbeitet werden.

- Zunächst ist mit einem roten He-Ne-Laser ($\lambda = 632.8 \text{ nm} \pm 6 \cdot 10^{-6} \text{ nm}$) ein relativ breites Beugungsmuster (wenige Maxima und Minima, schmaler Spalt) durch Einstellung der Spaltbreite zu erzeugen. Der Intensitätsverlauf ist dann wie anschließend näher erläutert zu messen.
- Bei unveränderter Spaltbreite wird die Messung mit einem grünen Laser ($\lambda = 542 \text{ nm} \pm 5 \cdot 10^{-6} \text{ nm}$) erneut durchgeführt.
- Die Spaltbreite ist dann so zu verändern, dass mit dem roten Laser ein relativ schmales Beugungsmuster (viele Maxima und Minima, breiter Spalt) entsteht. Dieser Intensitätsverlauf ist wiederum mit beiden Lasern zu messen.

3. Erforderliche Geräte

1 Optische Bank	2 Laser (rot, grün)
1 verstellbarer Spalt	1 PC mit Drucker
1 Steuergerät	

4. Versuchsdurchführung

VORSICHT !

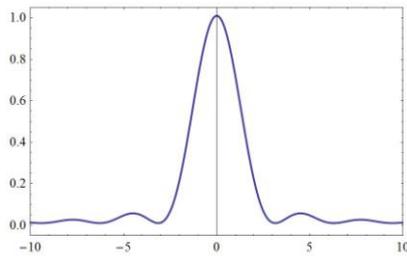
NIEMALS DIREKT IN DEN LASERSTRAHL BLICKEN !
Schädigung der Netzhaut möglich !

Unkontrollierte reflektierte Laserstrahlen sind besonders gefährlich, deshalb keine glänzenden Gegenstände oder Flächen in die Nähe des Strahlengangs bringen!

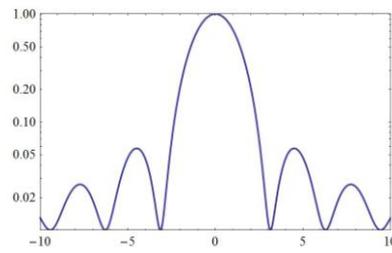
4.1 Aufbau

Laser, Spalt und Betrachtungsschirm sind auf einer optischen Bank befestigt. Der Betrachtungsschirm ist mit einer Motormechanik über einen Bereich von 50 mm senkrecht zur Strahlrichtung bewegbar. In der Mitte des Schirms ist ein Fototransistor eingelassen, der die Lichtintensität in ein elektrisches Signal umsetzt.

Die Bewegung des Motors wird automatisch vom Rechnerprogramm beim Starten der Messung übernommen. Der Rechner wertet die elektrische Information des Fototransistors aus und stellt den Intensitätsverlauf dar. Die Darstellung erfolgt zweifach. In der linearen Darstellung der Intensität sind wegen der großen Intensitätsunterschiede die Nebenmaxima nur schlecht erkennbar. Die Abfolge der Maxima und Minima wird in der halblogarithmischen Darstellung der gleichen Messwerte deutlicher.



a) linear



b) logarithmisch

Nach erfolgter Messung werden die Positionen der Maxima und Minima angezeigt.

4.2 Durchführung

- Schalten Sie Rechner, Drucker, Steuergerät und Laser (rot) ein.
- Das Meßprogramm startet automatisch.
- Geben Sie die Daten der Versuchsteilnehmer ein.
- Wählen Sie die verwendete Farbe des Lasers (Rot oder Grün) aus.
- Stellen Sie die Spaltbreite gemäß der Aufgabenstellung ein.
- Starten Sie die Messung. Der Schirm wird schrittweise bewegt, dabei wird die Intensität gemessen und dargestellt.
- Nach erfolgter Messung und Bestimmung der Maxima und Minima fährt der Schirm in seine Ausgangsposition zurück.
- Wiederholen Sie die Messung gemäß der Aufgabenstellung.
- Die Diagramme und die daraus bestimmten Werte können jederzeit als Protokoll ausgedruckt werden.

5. Auswertung

Bestimmen Sie aus der Position **aller Minima und aller Maxima** die eingestellten Spaltbreiten. Beachten Sie für die Angabe der Meßunsicherheit, dass die angezeigten Werte eine Genauigkeit von 0.2 mm besitzen. Der Abstand zwischen Spalt und Beobachtungsschirm beträgt $l = 1505 \pm 1$ mm.

Zur Vereinfachung der Auswertung und Fehlerrechnung können Sie aufgrund der kleinen Winkel ausnutzen, dass für kleine Winkel α gilt, dass $\sin \alpha \approx \tan \alpha$.

Die Spaltbreite ist dann über den gewichteten Mittelwert der aus den einzelnen Maxima und Minima berechneten Spaltbreiten zu bestimmen.

6. Literatur

Halliday, Resnick, Walker, Physik (Physik für Bachelors), Wiley-VCH
 Hering, Martin, Stohrer, Physik für Ingenieure, Springer
 Kuypers, Hummel, Kempf, Wild, Physik für Ingenieure, Band 2, VCH
 Dobrinski, Krakau, Vogel, Physik für Ingenieure, Teubner