

Polarisation

Protokoll zum Versuch Nummer O5 vom 22. Juni 2015

Frederik Edens, Dennis Eckermann

Gruppe 6mo

f_eden01@uni-muenster.de

dennis.eckermann@gmx.de

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Beugung	1
1.2. Beugung am Rechteckspalt	1
1.3. Beugung an Mehrfachspalten	2
2. Auswertung	3
3. Diskussion	4
A. Anhang	5
A.1. Fehlerrechnung	5
A.1.1. Brechungsindex aus Brewsterwinkel	5

1. Einleitung

In diesem Versuch wird die Beugung von monochromatischem Licht an Rechteckspalten und Kombinationen mehrerer Rechteckspalte untersucht.

1.1. Beugung

Wenn monochromatische ebene Lichtwellen durch eine Blendenöffnung fallen können, auf einem dahinter liegenden Schirm dunkle und helle Bereiche erkannt werden. Diesen Effekt nennt man Beugung. Das auf dem Schirm zu erkennende Bild wird als Beugungsmuster oder Beugungsbild bezeichnet.

Beugung kann durch das Huygenssche Prinzip erklärt werden. An jedem Punkt der Blendenöffnung entstehen Elementarwellen. Je nach Winkel müssen diese verschiedene Strecken zum Schirm zurück legen. Diesen Streckenunterschied bezeichnet man als Gangunterschied Δ . Unter einem Winkel von 0° , also senkrecht zur Blende, sind alle Gangunterschiede 0. Hier liegt allgemein das Hauptmaximum des Beugungsbildes.

Mathematisch detailliert beschrieben wird Beugung durch das Kirchhoffsche Beugungsintegral. Da in den im Versuch nur Fälle beobachtet werden, in denen die Blendenöffnung klein und der Schirm weit von Blende entfernt ist, wird dieses Integral nur in Fraunhofer-Näherung betrachtet:

$$\psi(x, y) \propto \iint_{\text{Blende}} b(x', y') e^{-ik \frac{xx' + yy'}{L}} dx' dy' \quad (1.1)$$

Dabei ist $b(x', y')$ die Blendenfunktion, k ist die Wellenzahl $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ mit Wellenlänge λ , L ist die Entfernung zwischen Blende und Schirm. Die Amplitude ψ entspricht somit abgesehen von Vorfaktoren und Streckungsfaktoren der Fourier-Transformation der Blendenöffnung.

Gemessen wird nicht die Amplitude ψ sondern die Intensität I . Diese erhält man durch

$$I = |\psi|^2 \quad (1.2)$$

1.2. Beugung am Rechteckspalt

Bei der Beugung am Rechteckspalt im Versuch ist der Spalt in y -Richtung deutlich größer als die Breite des Laserstrahls. Daher wird nur das Beugungsmuster entlang der

x -Achse betrachtet. Die Blendenfunktion $b(x)$ ist Bereich der Blendenöffnung 1, sonst 0. Somit gilt für einen Spalt der Breite d nach (1.1)

$$\psi(x) \propto \int_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} e^{-ik\frac{xx'}{L}} dx' = 2L \frac{\sin\left(\frac{dkx}{2L}\right)}{kx} \quad (1.3)$$

und damit

$$I \propto \frac{\sin^2\left(\frac{dkx}{2L}\right)}{x^2} \quad (1.4)$$

Das Maximum des Beugungsbildes befindet sich bei $x = 0$. Weitere lokale Maxima jeweils für $\sin^2\left(\frac{dkx}{2L}\right) \approx 1$

1.3. Beugung an Mehrfachspalten

Mehrfachspalte bestehen aus mehreren Rechteckspalten nebeneinander im jeweiligen Abstand g . Dieser Abstand g ist die Gitterkonstante. Das Beugungsbild entsteht durch Überlagerung der Beugungsbilder der einzelnen Rechteckspalte. Für große Schirmabstände ist der Gangunterschied Δs in guter Näherung gegeben durch

$$\Delta s = g \sin \varphi \approx g \frac{x}{L} \quad (1.5)$$

Dabei ist φ der Beugungswinkel. Addiert man die Amplituden auf erhält man mit Amplitude ψ_0 der einzelnen Rechteckspalte und Gitterzahl N die Gesamtamplitude

$$\psi = \sum_{n=0}^{N-1} \psi_0 e^{ikn\Delta s} = N\psi_0 \frac{1 - e^{ikN\Delta s}}{1 - e^{ik\Delta s}} = N\psi_0 \frac{e^{i\frac{kN\Delta s}{2}} \sin\left(\frac{kN\Delta s}{2}\right)}{e^{i\frac{k\Delta s}{2}} \sin\left(\frac{k\Delta s}{2}\right)} \quad (1.6)$$

Die Intensität ist damit gegeben durch

$$I = N^2 \psi_0^2 \frac{\sin^2\left(\frac{kN\Delta s}{2}\right)}{\sin^2\left(\frac{k\Delta s}{2}\right)} = I_0 N^2 \frac{\sin^2\left(\frac{kNgx}{2L}\right)}{\sin^2\left(\frac{kgx}{2L}\right)} \quad (1.7)$$

Die Intensität nimmt also quadratisch mit der Gitterzahl zu. I_0 ist nach (1.4) abhängig von x und bildet damit eine Einhüllende der Intensitätsverteilung. Ihr Einfluss nimmt mit zunehmender Spaltzahl und -dichte ab. $\frac{\sin^2\left(\frac{kNgx}{2L}\right)}{\sin^2\left(\frac{kgx}{2L}\right)}$ hat Hauptmaxima für $\sin\left(\frac{kgx}{2L}\right) = 0$. Dazwischen befinden sich $N - 1$ Minima und $N - 2$ Nebenmaxima.

2. Auswertung

3. Diskussion

A. Anhang

A.1. Fehlerrechnung

Für linear errechnete Größen $y(x_1, \dots, x_n)$ ist der Fehler allgemein gegeben durch

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(y \frac{\Delta x_i}{x_i} \right)^2} = |y| \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta x_i}{x_i} \right)^2} \quad (\text{A.1})$$

A.1.1. Brechungsindex aus Brewsterwinkel

Bei Rechnung mit Winkeln in Bogenmaß ist der Fehler aus der gaußschen Fehlerfortpflanzung gegeben durch

$$\Delta n = \left| \frac{\partial n}{\partial \alpha_B} \Delta \alpha_B \right| = \left| \frac{\Delta \alpha_B}{\cos^2 \alpha_B} \right| \quad (\text{A.2})$$