406

Beugung am Spalt

Maximilian Sackel
Maximilian.sackel@gmx.de

Philip Schäfers
phil.schaefers@gmail.com

Durchführung: 19.04.2016

Abgabe: 26.04.2016

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Theoretische Grundlage

Zur Beugung von Licht kommt es, wenn die Abmessung des Hinderniss in der Größenordung der Wellenlänge λ liegt. Dabei kommt es zur Abweichung des Lichtes von der Geometrischen Optik. Für den Versuch wird angenommen das der Schirm eine weite Entfernung zur Blende aufweist, so dass die Frauenhofer-Näherung genutzt werden kann. In Abbildung 1 ist zu sehen das das Licht jeweils um den Winkel ϕ gebeugt wird. Anhand des Huygensschen Prinzip lässt sich bei hinreichend großer intensität die Interferenzbeschreibung beschreiben. Es besagt einerseits, dass jeder Punkt einer Wellenfront Ausgangspunkt einer neuen Kugelwelle ist, als auch dass die Einhüllende der Elementarwellen die neue Wellenfront ergibt. Um eine Aussage in einenm Punkt zu machen, müssen aufgrund des Huygensschen Prinzip alle Wellen die in diesem Punkt ankommen überlagtert werden. Der einfacherheit halber wird zunächst ein Doppelspalt betrachtet und anschließend auf andere Querschnitte geschlossen. Beim Einzelspalt müssen dafür die einzelnen Strahlennündel unter dem entsprechenden Ablenkungswinkel ϕ summiert werden. Es wird eine ebene Welle mit der Feldstärke

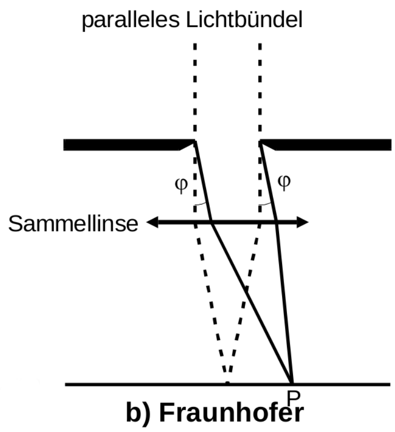

Abbildung 1: Frauenhofer Beugung

$$A(z,t) = A_0 \mathbf{exp}\left(i\left(\omega t - \frac{2\pi z}{\lambda}\right)\right) \tag{1}$$

angenommen die durch den Spalt mit Breite b einfällt. Der Phasenunteschied zweier Strahlen mit dem Abstand x beträgt:

$$\delta = \frac{2\pi x sin(\phi)}{\lambda} \tag{2}$$

Durch Integration über alle Strahlen die um den Winkel ϕ abgelengt sind ergibt sich:

$$B(z,t,\phi) = A_0 \mathbf{exp}\left(i\left(\omega t - \frac{2\pi z}{\lambda}\right)\right) \cdot \mathbf{exp}\left(\frac{\pi b sin(\phi)}{\lambda}\right) \tag{3}$$

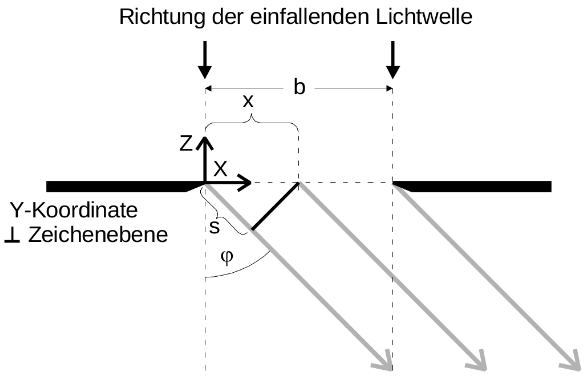

Abbildung 2: Phasenbeziehung zwischen zwei Teilstrahlen

Für die experimentelle Auswertung müssen die Exponentialfunktionen nicht weiter betrachtet werden, da diese ausschließlich Informationen über die Phase der Funktion enthalten. Da aufgrund der hohen Lichtfrequenz eine Messung der Amplitude nicht möglich ist muss die Intensitätsverteilung ermittelt werden.

$$I(\phi) \propto B(\phi)^2 = A_0^2 b^2 \left(\frac{\lambda}{\pi b sin\phi}\right)^2 sin^2\left(\frac{\pi b sin\phi}{\lambda}\right) \tag{4}$$

Die Intensitätsverteilung des $I(\phi)$ des Doppelspalts beruht darauf das im Abstand s ein zweiter Einzelspalt der Breite b überlagert wird.

$$I(\phi) \propto B(\phi)^2 = 4cos^2\left(\frac{\pi s sin(\phi)}{\lambda}\right)\left(\frac{\lambda}{\pi b sin\phi}\right)^2 sin^2\left(\frac{\pi b sin\phi}{\lambda}\right) \tag{5}$$

1.1 Fehlerrechnung

Sämtliche Fehlerrechnungen werden mit Hilfe von Python 3.4.3 durchgeführt.

1.1.1 Mittelwert

Der Mittelwert einer Messreihe $x_1, ..., x_\mathrm{n}$ lässt sich durch die Formel

$$\overline{x} = \frac{1}{N}\sum_{\mathrm{k=1}}^{\mathrm{N}} x_k \tag{6}$$

berechnen. Die Standardabweichung des Mittelwertes beträgt

$$\Delta\overline{x} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}\sum_{\mathrm{k=1}}^{\mathrm{N}}(x_\mathrm{k} - \overline{x})^2} \tag{7}$$

1.1.2 Gauß'sche Fehlerfortpflanzung

Wenn $x_1, ..., x_\mathrm{n}$ fehlerbehaftete Messgrößen im weiteren Verlauf benutzt werden, wird der neue Fehler Δf mit Hilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzung angegeben.

$$\Delta f = \sqrt{\sum_{\mathrm{k}=1}^{\mathrm{N}} \left(\frac{\partial f}{\partial x_\mathrm{k}}\right)^2 \cdot (\Delta x_\mathrm{k})^2} \tag{8}$$

1.1.3 Lineare Regression

Die Steigung und y-Achsenabschnitt einer Ausgleichsgeraden werden gegebenfalls mittels Linearen Regression berechnet.

$$y = m \cdot x + b \tag{9}$$

$$m = \frac{\overline{xy} - \overline{xy}}{\overline{x^2} - \overline{x}^2} \tag{10}$$

$$b = \frac{\overline{x^2}\,\overline{y} - \overline{x}\,\overline{xy}}{\overline{x^2} - \overline{x}^2} \tag{11}$$

2 Durchführung und Aufbau

3 Auswertung

4 Diskussion