

[IF] Interferenz am Gitter, Beugung am Spalt

Einleitung:

Durch den folgenden Versuch lassen sich die Welleneigenschaft von Licht erkennen. Aufgrund der Interferenz und Beugung am Spalt lässt sich drauf schließen, dass Licht Welleneigenschaften hat. Im folgenden Versuch soll LASER-Licht (LASER=Light **A**mplification **B**y **S**timulated **E**mission of **R**adiation) Licht an einem Spalt und an einem Gitter gebeugt und dadurch untersucht werden. Eine LASER-Lichtquelle ist wegen der kohärenten Eigenschaften für den Versuch wichtig.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung:

Auf einer optischen Bank wird ein LASER fest installiert. Am Ende der optischen Bank befindet sich eine Wand des Versuchsraums an der ein Projektionsfläche aus Papier angebracht ist. Kurz hinter dem LASER wird ein optisches Gitter installiert. Ein Abstand von der Projektionsfläche $>1,5\text{m}$ wird sichergestellt.

Das entstehende Interferenzbild wurde auf das beigelegte Arbeitsblatt übertragen (Anlage 1). Anschließend wurden die Abstände der Maxima bestimmt. Die Strichzahl betrug $10,5/\text{mm}$.

Der Abstand Gitter-Projektionsfläche betrug $1,547\text{m}$.

Für den Einzelspaltversuch wird nun das Gitter durch einen Einzelspalt (Abstand Einzelspalt-LASER= 30cm) ersetzt. Der LASER Strahl wird vor Beugung am Einzelspalt geweitet und durch einen Graufilter geleitet. Der Abstand von LASER zur Aufweitungsoptik betrug ca. 10 cm .

Außerdem wird eine CCD Kamera im Abstand von 70cm zur Lichtquelle installiert. Diese wird über das Programm VideoCom ausgelesen, die aufgenommenen Intensitätsverteilungen wurden zur Rauschunterdrückung zeitlich gemittelt.

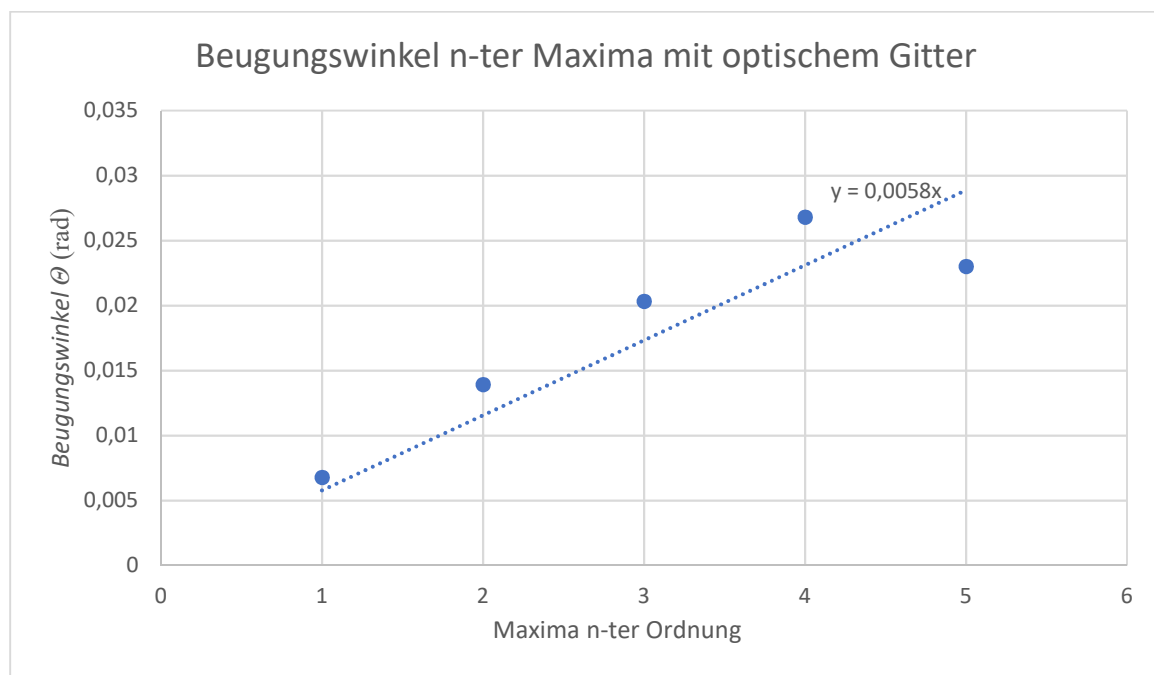
Auswertung:

Beugung am optischen Gitter:

a)

n -tes Maximum m	L/m	Θ / rad	$\sin \Theta$
1	0,0105	$6,77 \cdot 10^{-3}$	$6,77 \cdot 10^{-3}$
2	0,0215	0,0139	0,0139
3	0,0315	0,0203	0,0203
4	0,0415	0,0268	0,0268
5	0,0465	0,0230	0,0230

b)



c) Zusammenhang zwischen Steigung der Ausgleichsgeraden und Wellenlänge des LASERs:

Die Steigung m der Ausgleichsgeraden beträgt $m=0,0058$.

Zusammenhang zwischen Steigung m und Wellenlänge λ :

(IF.5): $g \cdot \sin \Theta = n \cdot \lambda \quad | \cdot \frac{1}{n \cdot g}$

$$\Leftrightarrow \frac{\sin \Theta}{n} = \frac{\lambda}{g} \quad (1)$$

Aus dem Diagramm folgt: $m = \frac{\sin \Theta}{n} \quad (2)$

Einsetzen von (2) in (1):

$$\Rightarrow m = \frac{\lambda}{g} \leadsto \lambda = m \cdot g$$

mit $m = 0,0058$ und $g = \frac{1}{105} \text{ mm} \Rightarrow \lambda = 552,4 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$

Unsicherheit in Aufgabenstellung gegeben

Die berechnete Wellenlänge weicht um ca.13% von der Herstellerangabe ($\lambda=632,8\text{nm}$) ab.
Diese Abweichung ist durch Messfehler und Betriebsbedingungen erklärbar.

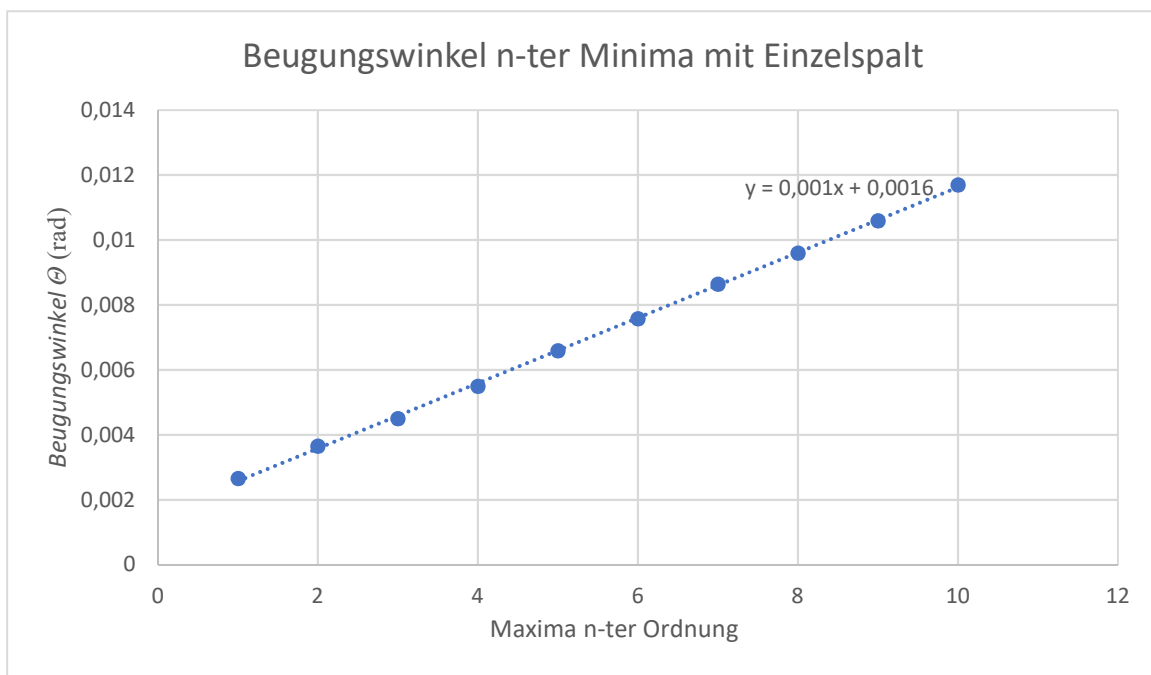
2. Beugung am Einzelspalt

a)

2. Beugung am Spalt (Lage Hauptmaximum: 1536 Pixel); $d = 0,745 \text{ m}$

(a) n Minimum	Lage Minimum/ Pixel	Betrag Abstand Minimum zum Hauptmax. / Px	Betrag Abstand x_n Minimum zum Hauptmax. / m	Beugungswinkel Θ_n des Minimums/rad	$\sin \Theta_n$
1	1391	145	0,00198	0,00266	0,00266
2	1336	200	0,00273	0,00366	0,00366
3	1290	246	0,00336	0,00451	0,00451
4	1236	300	0,00410	0,00550	0,00550
5	1176	360	0,00492	0,00660	0,00660
6	1123	413	0,00565	0,00758	0,00758
7	1065	471	0,00644	0,00864	0,00864
8	1013	523	0,00715	0,00960	0,00960
9	958	578	0,00790	0,0106	0,0106
10	900	636	0,00870	0,0117	0,0117

b)



Die Steigung m der Ausgleichsgeraden beträgt $m=0,001$. Dass die Ausgleichsgerade nicht den Ursprung schneidet bedeutet, dass das Maximum 0. Ordnung nicht exakt bei Pixel 1536 lag.

c) Der Zusammenhang zwischen Steigung der Ausgleichsgeraden und Spaltbreite d

$$(17.1): d \cdot \sin \Theta = n \cdot \lambda \quad \left| \cdot \frac{1}{n \cdot d} \right|$$

$$\Leftrightarrow \frac{\sin \Theta}{n} = \frac{\lambda}{d} \quad (1)$$

$$\text{Aus dem Diagramm folgt: } m = \frac{\sin \Theta}{n} \quad (2)$$

Einsetzen von (2) in (1):

$$\Rightarrow m = \frac{\lambda}{d} \leadsto d = \frac{\lambda}{m}$$

$$\text{mit } m = 0,007 \text{ und } \lambda = 632,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$\Rightarrow d = 632,8 \mu\text{m}$$

Mit einer Messunsicherheit von 3% (aus früheren Messreihen) ergibt sich: $d = 632,8 \mu\text{m} \pm 19 \mu\text{m}$

d) Spaltbreite d:

$$d = B \cdot \frac{g}{b} = 1 \text{ cm} \cdot \frac{10,5 \text{ c}}{137,5 \text{ c}} = 0,764 \text{ mm} \quad 764 \mu\text{m}$$

Die Werte bewegen sich in der gleichen Größenordnung, Abweichungen sind auf Messfehler zurückzuführen.

e) Obergrenze $n_{\max}$ für die Anzahl beobachtbarer Minima

Zusammenhang zwischen Steigung m und Wellenlänge λ :

$$(17.1): d \cdot \sin \Theta = n \cdot \lambda$$

$$\text{es gilt } \sin \Theta \leq 1 \quad n \in \mathbb{R}$$

$$\rightarrow 1 = \frac{n_{\max} \cdot \lambda}{d} \rightarrow n_{\max} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,764 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{632,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \\ = 1225$$

f) Zusammenhang von Beugungsbild und Spaltbreite:

Das Beugungsbild B ist abhängig von $x_{n_{\max}}$ (Abstand von $n_{\max}$ zum Hauptmaximum)

$$\Rightarrow B \sim x_{n_{\max}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Es gilt: } \tan \vartheta = \frac{x}{L} \leadsto \tan \vartheta \sim x \sim B \quad (1) \\ \text{Außerdem: } \sin \vartheta = \frac{n \cdot \lambda}{d} \leadsto \sin \vartheta \sim \frac{1}{d} \quad (2) \end{array} \right\} \vartheta \leq 90^\circ$$

Aus der Kombination von (1) und (2) erkennt man:

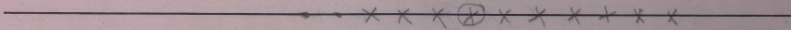
Je größer d , desto kleiner B .

Je kleiner d , desto größer B .

Praktikum für Naturwissenschaftler
[IF] Interferenz am Gitter, Beugung am Spalt

Anlage 1:

Datum Versuchstag:
Gruppennummer:
Teilnehmer:



Messwerte:

Abstand Gitter-Projektionsfläche: 1547 cm (Abstand Gitter-Projektionsfläche: mind. 1,5 m)

Abstand von -1 zu +1 Maximum: 2,7 cm
 Abstand von -2 zu +2 Maximum: 4,3 cm
 Abstand von -3 zu +3 Maximum: 6,3 cm
 Abstand von -4 zu +4 Maximum: 8,3 cm
 Abstand von -5 zu +5 Maximum: 9,3 cm
 Abstand von -6 zu +6 Maximum: cm

Daten zum verwendeten Gitter (Strichzahl):

Anzahl Striche/mm: 70,5

Anlage 2:

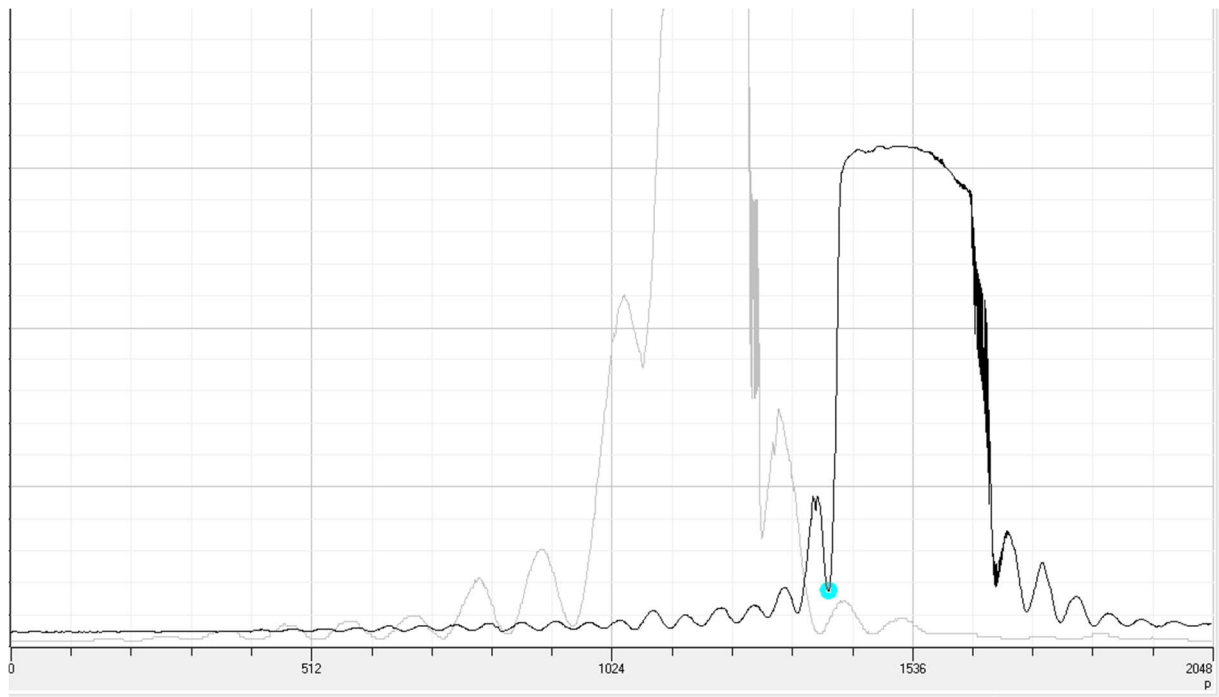
Abstand Spalt - Kamera: $d = 74,5 \text{ cm}$

n	Lage max	Lage min
1	9366	7397
2	7377	1336
3	7265	7290
4	7208	7236
5	7174	7176
6	7089	7023
7	7036	7065
8	982	7073
9	928	958
10	869	900
11	873	839

Kontrollmessung für d:

$g = 10,5 \text{ cm}$ (Abstand Spalt - Linse)
 $b = 137,5 \text{ cm}$ (Abstand Linse - Projektfläche)
 $B = 1 \text{ cm}$ (Größe Spaltbild in horizontaler Richtung)

Anlage 3:



In Grau ist der Intensitätsverlauf vor Verschiebung der CCD-Kamera eingezeichnet.