

21.02.19

[IF] Interferenz am Gitter, Beugung am Spalt Einleitung:

Durch den folgenden Versuch werden die Welleneigenschaft von Licht bewiesen. Aufgrund der Interferenz und Beugung am Spalt lässt sich drauf schließen, dass Licht Welleneigenschaften hat. Im folgenden Versuch soll LASER-Licht (LASER=Light Amplification By Stimulated Emission of Radiation) Licht an einem Spalt und an einem Gitter gebeugt und untersucht werden. Für den Versuch wird eine LASER-Lichtquelle verwendet, wegen der kohärenten Eigenschaften des LASER-Lichts.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung:

Auf einer optischen Bank wird ein LASER fest installiert. Am Ende der optischen Bank befindet sich eine Wand an der eine Projektionsfläche aus Papier angebracht ist. Kurz hinter dem LASER wird ein optisches Gitter installiert. Es entsteht ein Interferenzbild. Anschließend werden die Abstände der Maxima bestimmt. Der Abstand Gitter-Projektionsfläche betrug 0,5 m.

Für den Einzelspaltversuch wird nun das Gitter durch einen Einzelspalt ersetzt. Der LASER Strahl wird vor Beugung am Einzelspalt geweitet und durch einen Graufilter geleitet. Außerdem wird eine CCD Kamera im Abstand von 45 cm zur Lichtquelle installiert. Diese wird über das Programm VideoCom ausgelesen, die aufgenommenen Intensitätsverteilungen wurden zur Rauschunterdrückung zeitlich gemittelt.

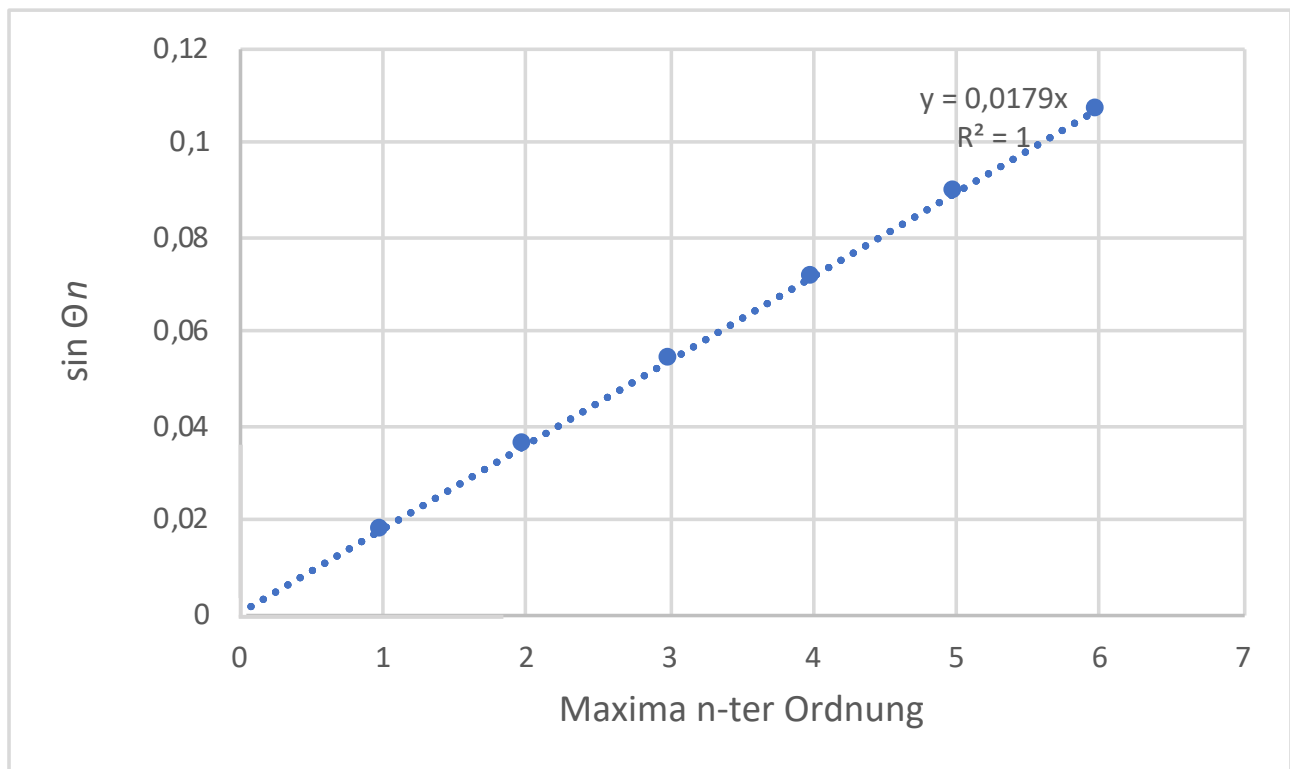
Auswertung:

1. Interferenz am Gitter:

a) Berechnung der Beugungswinkel Θ_n der vermessenen Hauptmaxima.

Daten in tabellarischer Form:

n-tes Maximum	Abstand zum Maximum 0.-ter Ordnung /m	Beugungswinkel Θ_n /rad	$\sin \Theta_n$
1	0,009	0,0179981	0,0179971
2	0,018	0,0359845	0,0359767
3	0,027	0,0539476	0,0539214
4	0,036	0,071876	0,0718141
5	0,045	0,0897582	0,0896377
6	0,054	0,107583	0,1073756

b) Diagramm $\sin \Theta_n$ gegen nSteigung m der Ausgleichsgeraden: $m = 0,01790$ 

c) Zusammenhang zwischen Steigung m , der Gitterkonstante g und der Wellenlänge λ des Lasers

$$g \sin(\Theta) = n \lambda$$

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

Aus dem Diagramm erkennt man

$$m = \frac{\sin(\theta)}{n}$$

Einsetzen in (1) ergibt:

$$m = \frac{\lambda}{g}$$

Umstellen nach λ ergibt:

$$\lambda(m, g) = m g$$

Mit $m = 0,01790$ und $g = 35 \cdot 10^{-6}$ ergibt sich:

$$\lambda = 626,5 \text{ nm}$$

Unsicherheit der Steigung m für die Ausgleichsgerade: $\Delta u_m = 2,7441 \cdot 10^{-5}$

Gaussches Fehlerfortpflanzungsgesetz: $\Delta u_\lambda = \sqrt{(g \Delta u_m)^2 + (m \Delta u_g)^2}$

mit $g = 35 \text{ } \mu\text{m}$; $\Delta u_m = 2,7441 \cdot 10^{-5}$ $m = 0,01790$; $\Delta u_g = 350 \text{ nm}$

$$\Delta u_\lambda = 6,34$$

Die Wellenlänge ergibt sich also zu:

$$\lambda = 626,5 \pm 6,34 \text{ nm}$$

d) Vergleich Messergebnis Laserwellenlänge mit Herstellerangabe ($\lambda = 632,8\text{nm}$)

Die berechnete Wellenlänge weicht um ca. 6,3nm von der Herstellerangabe ($\lambda=632,8\text{nm}$) ab, was innerhalb der Messunsicherheit liegt. Die Messunsicherheit ist durch Messfehler und individuelle Betriebsbedingungen erklärbar.

e) Breite der Gitterspalten

$$d = \frac{\lambda}{\sin(\theta)}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{x}{L}\right)$$

mit x = Abstand 1. Minimum zum 0. Hauptmaximum = 0,063m;

L = Abstand Gitter - Schirm = 0,5m;

$$\lambda = 632,8\text{nm}$$

ergibt sich:

$$d = 5,1\mu\text{m}$$

Die Spaltbreite d ist verträglich mit der Gitterkonstante ($g = 35\mu\text{m}$).

f) Anzahl der Nebenmaxima: $a = 5$

$$p - 2 = a$$

$$p = a + 2$$

$$p = 7$$

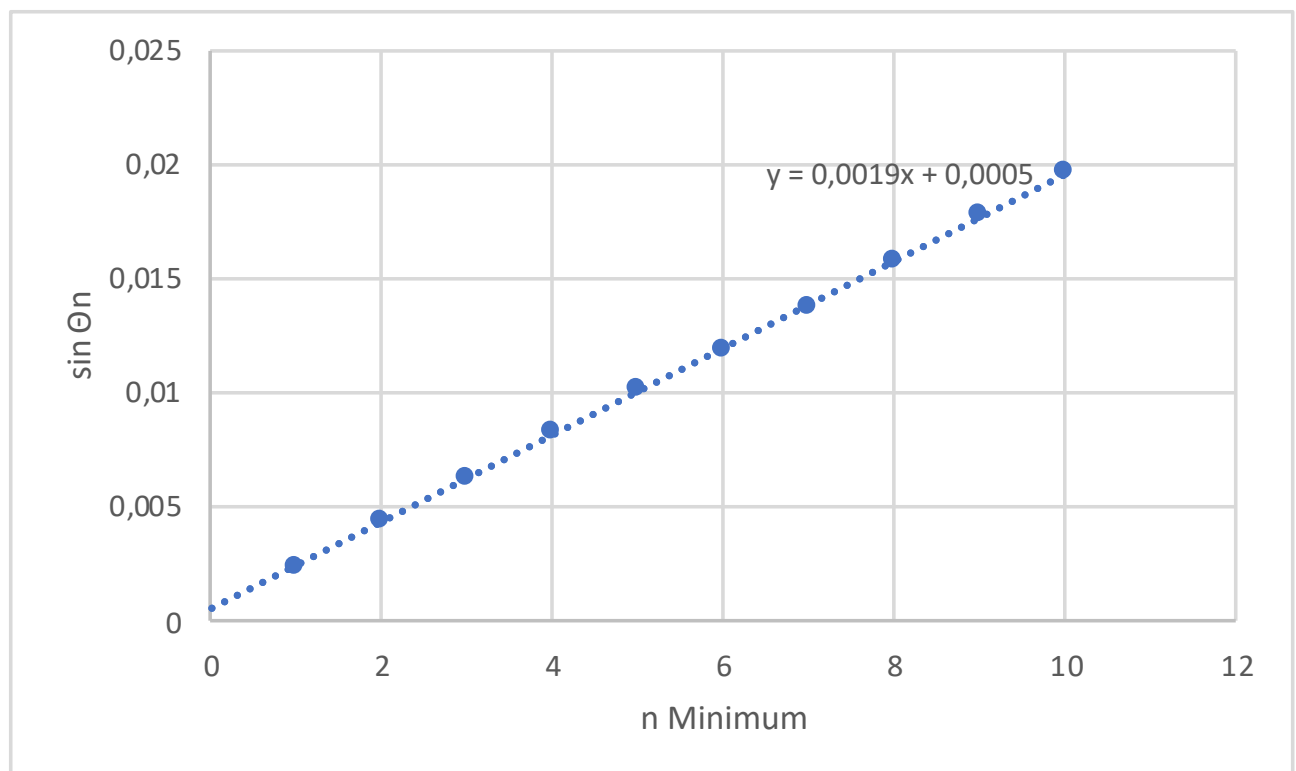
Das verwendete Gitter hat 7 Spalte.

2. Beugung am Einzelspalt:

a) Berechnung der Beugungswinkel Θ_n der vermessenen Minima

n Minimum	Lage Minimum / Pixel	Betrag Abstand Minimum zum Hauptmaximum / Pixel	Betrag Abstand Minimum zum Hauptmaximum / m	Beugungswinkel Θ_n des Minimums / rad	$\sin \Theta_n$
1	1465,5	80,3	0,001097852	0,0024397	0,0024397
2	1402	143,8	0,001966016	0,0043689	0,0043689
3	1340,1	205,7	0,002812305	0,0062495	0,0062494
4	1274,4	271,4	0,003710547	0,0082455	0,0082454
5	1210,7	335,1	0,004581445	0,0101806	0,0101805
6	1153,7	392,1	0,005360742	0,0119122	0,0119119
7	1092,2	453,6	0,006201563	0,0137804	0,0137799
8	1025,1	520,7	0,007118945	0,0158186	0,0158179
9	961,3	584,5	0,007991211	0,0177564	0,0177554
10	899	646,8	0,008842969	0,0196485	0,0196472
Hauptmaximum	1545,8	0	0	0	0

b) Diagramm $\sin \Theta_n$ gegen n



Die Steigung der Ausgleichsgeraden beträgt $m = 0,00191$

c) Berechnung der Spaltbreite: $d \sin(\Theta) = n \lambda$

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

Aus dem Diagramm kann man die Steigung ablesen mit:

$$m = \frac{\sin(\Theta)}{n}$$

Einsetzen in (1) liefert:

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

Mit $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ und $m = 0,00191$:

$$d = 331,3 \mu m$$

Die Spaltbreite kann auf 3% genau bestimmt werden, also:

$$\Delta u_d = 9,939 \mu m$$

Damit ergibt sich die Spaltbreite d zu:

$$d = 331,3 \pm 9,9 \mu m$$

d) Überprüfung mit:

$$d = \frac{B \cdot g}{b}$$

Mit: $B = 0,002\text{m}; \quad g = 0,165\text{m}; \quad b = 0,985\text{m}$

$$d = 335,0\mu\text{m}$$

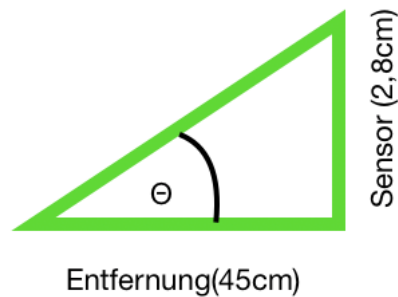
Dieses Ergebnis bestätigt den errechneten Wert.

e) Berechnung der Obergrenze

$$d \sin(\Theta) = n\lambda$$

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

Der Winkel Θ lässt sich mit wie folgt berechnen:



$$\Theta = \arctan\left(\frac{2,8\text{cm}}{45\text{cm}}\right)$$

$$\Theta = 0,06214$$

$$\text{Mit: } \Theta = 0,06214;$$

$$d = 331,3\mu\text{m};$$

$$\lambda = 632,8\text{nm}$$

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

$$n = 32,51$$

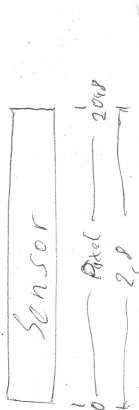
Das bedeutet, das Minimas bis $n_{max} = 32$ beobachtet werden können.

f) Veränderung des Beugungsbildes

Wird der Spalt vergrößert, so wird der Beugungswinkel kleiner. Dies ergibt sich aus der Formel IF.1 Die rechte Seite der Formel verändert sich nicht, die Wellenlänge ist konstant. Setzt man nun n gleich einer beliebigen Zahl (zum Beispiel), so muss der linke Teil der Gleichung unverändert bleiben. Wird d größer, durch Vergrößerung des Spaltes, so muss „ $\sin(\Theta)$ “ um den gleichen Faktor kleiner werden. Am Beugungsbild wird diese Änderung dadurch sichtbar, dass sich die Minima näher zum 0. Hauptmaximum verschieben. Außerdem gelangt mehr Licht durch den Spalt, wodurch die Intensität allgemein zunimmt. Die Nebenmaxima und das Hauptmaximum werden deutlicher und schärfer zu erkennen sein.

Wird der Spalt verkleinert geschieht genau das Gegenteil. Der Winkel Θ wird größer, dadurch wird auch $\sin(\Theta)$ größer, um die Verkleinerung von d in der Formel IF.1 auszugleichen. Ein größerer Winkel Θ bedeutet, dass sich die Minima vom Maximum 0. Ordnung entfernen. Durch den kleineren Spalt fällt weniger Licht und die Intensität nimmt ab. Die Nebenmaxima und das Hauptmaximum werden schwächer und unschärfer.

2048 pixel $\hat{=}$ 2,8 cm



$$S = 16,5 \text{ cm}$$

$$Q = 98,5 \text{ cm}$$

$$B = 61 \text{ cm}$$

0. $H_{\max}$: $P = 1545,8 \text{ Px}$

1. $\min$: $P = 1465,5 \text{ Px}$

2. $\min$: $P = 1402,0 \text{ Px}$

3. $\min$: $P = 1340,1 \text{ Px}$

4. $\min$: $P = 1274,4 \text{ Px}$

5. $\min$: $P = 7270,7 \text{ Px}$

6. $\min$: $P = 715,7 \text{ Px}$

7. $\min$: $P = 7092,2 \text{ Px}$

8. $\min$: $P = 7025,7 \text{ Px}$

9. $\min$: $P = 967,3 \text{ Px}$

10. $\min$: $P = 899,0 \text{ Px}$

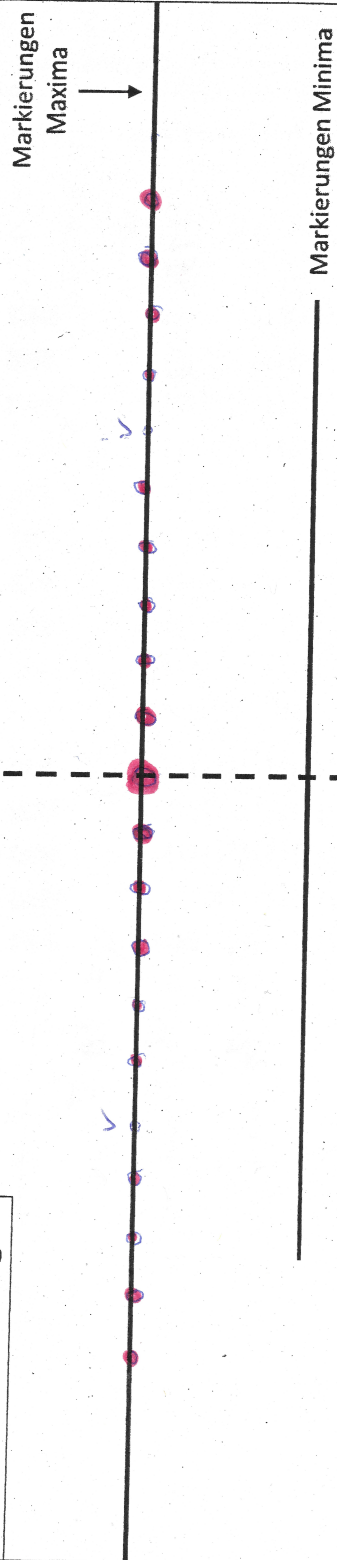
11. $\min$: $P = 830,5 \text{ Px}$

$L = 45 \text{ cm}$

T. V. K.

Datum Versuchstag: 29.02.29, Gruppennummer: 27Teilnehmer: Thomas Biergans, Florian Hetzel

Fläche für Markierungen

Messwerte:Abstand Gitter-Projektionsfläche: 50 cmAbstand von -1 zu +1 Maximum: 1,8 cmAbstand von -2 zu +2 Maximum: 3,6 cmAbstand von -3 zu +3 Maximum: 5,4 cmAbstand von -4 zu +4 Maximum: 7,2 cmAbstand von -5 zu +5 Maximum: 9,0 cmAbstand von -6 zu +6 Maximum: 10,8 cmAbstand Minimum zu Minimum: 12,6 cmDaten Gitter:Gitterkonstante: 35 μm Anzahl Nebenmaxima: 4 5Unterschrift Assistent(in)
F. Hetzel