

Versuch 406

Beugung am Spalt

5. Mai 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Theorie, nach [1]	3
2.1	Beugung	3
2.2	Doppelspalt	3
2.3	Fouriertransformation	3
3	Durchführung und Aufbau	4
4	Auswertung	4
4.1	Einzelspalt	4
4.2	Doppelspalt	5
5	Diskussion	6
	Literatur	7
6	Werte	7

1 Zielsetzung

Ziel des Versuches ist die Messung von Beugungsmustern an verschiedenen Spalten.

2 Theorie, nach [1]

Für die Messung von Beugungs- und Interferenzeffekten werden neben kohärenten Wellen, Spalte mit Abmessungen kleiner der Wellenlänge der Quelle benötigt.

2.1 Beugung

Durch das Huygensche Prinzip, welches eine ebene Wellenfront aus Elementarwellen zusammengesetzt darstellt und die Mittelung über viele Wellen kann das Wellenmodell verwendet werden. Es wird aufgrund der hohen Frequenz das Intensitätsbild $I \propto |B|^2$ gemessen.

Aufgrund des Versuchsaufbaus wird die Fraunhoferbeugung zur Berechnung verwendet, da die Abstände nicht zu Fresnels-Annahmen passen. Die einfallenden Lichtstrahlen werden als ebene Wellen angenommen und der Abstand zum Schirm als genügend groß. Die Interferenzerscheinungen entstehen durch Phasenunterschiede verschiedener Einzelstrahlen. Die Phasendifferenz δ zwischen diesen berechnet sich nach

$$\delta = \frac{2\pi s}{\lambda} = \frac{2\pi x \sin(\varphi)}{\lambda} \quad (1)$$

Die Intensität an einem Ort ist das Quadrat der Summe aller einfallenden Amplituden, dies wird zu einem Integral geführt. Die Breite des Spaltes ist b und der Beobachtungswinkel ist φ . Es ergibt sich

$$I(\varphi) \propto B(\varphi)^2 = A_0^2 b^2 \left(\frac{\lambda}{\pi b \sin(\varphi)} \right)^2 \cdot \sin^2 \left(\frac{\pi b \sin(\varphi)}{\lambda} \right) . \quad (2)$$

2.2 Doppelspalt

Für das Bild des Doppelspaltes werden zwei um s verschobene Einzelspalte als Grundlage verwendet. Die Einhüllende der Intensität ist deswegen ähnlich zu der eines Einzelspaltes mit der entsprechenden Spaltbreite;

$$I(\varphi) \propto B(\varphi)^2 = 4 \cos^2 \left(\frac{\pi s \sin(\varphi)}{\lambda} \right) \cdot \left(\frac{\lambda}{\pi b \sin(\varphi)} \right)^2 \cdot \sin^2 \left(\frac{\pi b \sin(\varphi)}{\lambda} \right) . \quad (3)$$

2.3 Fouriertransformation

Wird eine Funktion die Geometrie der Öffnung beschreibt gebildet und ihre Fouriertransformierte bestimmt, kann mit dieser auch die Verteilung der Minima und Maxima, das Beugungsbild, beschrieben werden.

3 Durchführung und Aufbau

Die Apparatur zur Aufnahme der Beugungsbilder verwendet wird, besteht aus einem Dioden-LASER und einer Photodiode, sowie einem Einzel- oder Doppelspalt. Zunächst wird ein Einzelspalt in den Strahlengang des Diodenlasers gestellt. Es wird links und rechts vom Hauptmaximum jeweils über zwei Minima die Intensität, in 0,5 mm Schritten, gemessen. Um das Hauptmaximum müssen aus Präzisionsgründen noch mehr Werte aufgenommen werden. In diesem Bereich wurde in 0,1 mm Schritten gemessen. Diese Messreihe wird außerdem noch mit zwei weiteren Doppelspalten durchgeführt.

4 Auswertung

4.1 Einzelspalt

Das Beugungsbild wird mit den Werten aus Tabelle 3 in Kapitel 6 Werte dargestellt. Aus der Ausgleichsrechnung für den Einzelspalt, Gleichung (2), ergibt sich mit Scipy als Programm, eine Spaltbreite b von

$$b = (72,6 \pm 1,4) \cdot 10^{-6} \text{ m} . \quad (4)$$

mit dem Abstand zwischen Schirm und Gitter

$$s = 32,5 \text{ cm} . \quad (5)$$

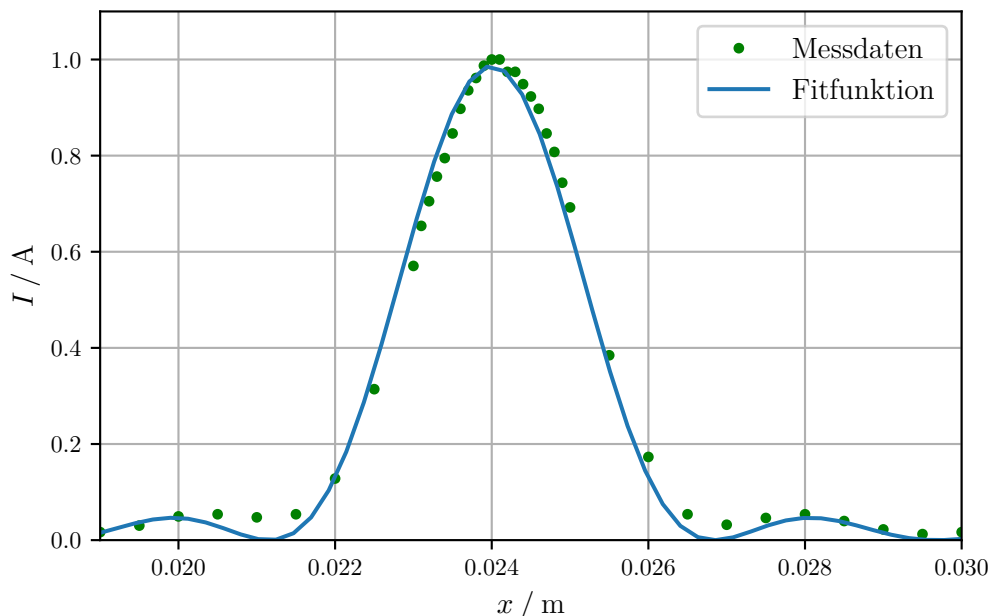


Abbildung 1: Intensitätsverteilung für den Einzelspalt, mit Gleichung.

4.2 Doppelspalt

Die Beugungsbilder werden mit den Werten aus den Tabellen 4 und 5 aus dem Kapitel 6 Werte dargestellt. Aus der Ausgleichsrechnung für den ersten Doppelspalt nach Gleichung (3) ergibt sich eine Spaltbreite b von

$$b = 18 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad (6)$$

und ein Spaltabstand von

$$s = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} . \quad (7)$$

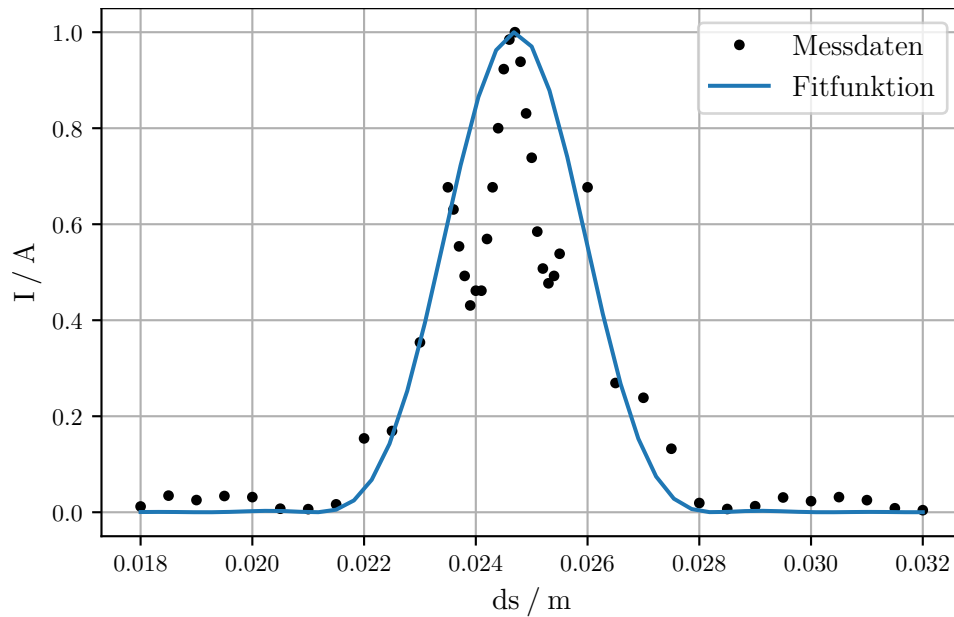


Abbildung 2: Fit für den ersten Doppelspalt.

Aus der Ausgleichsrechnung für den zweiten Doppelspalt ergibt sich eine Spaltbreite b von

$$b = 15 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad (8)$$

und ein Spaltabstand von

$$s = 1 \text{ mm} . \quad (9)$$

Da die Messwerte für den zweiten Doppelspalt zu sehr verteilt liegen, um die einzelnen Maxima auszuwerten, wurde nur die Einhüllende gefittet. Verglichen mit der Beugungsfigur des Einzelspalt, ist die Einhüllende, also der Teil des Einfachspaltes, klar erkennbar.

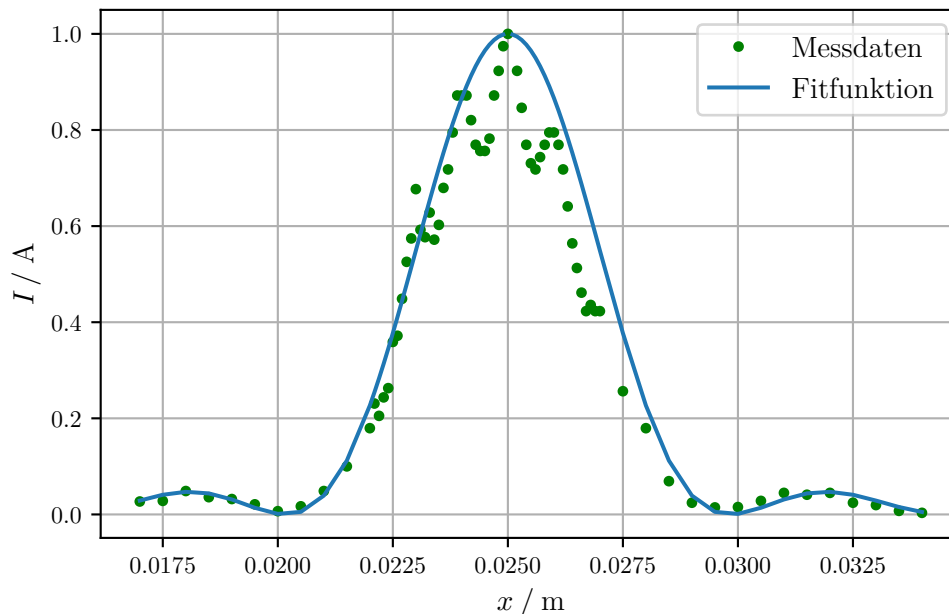


Abbildung 3: Fit des zweiten Spaltes.

5 Diskussion

Die Messung für den Einzelspalt konnte relativ genau durchgeführt werden. Sie würde noch etwas genauer, wenn mehr Messdaten aufgezeichnet werden würden. Da der tatsächliche Wert innerhalb der $1\text{-}\sigma$ -Umgebung liegt, ist diese Messung genau. Fehlerquellen sind zum einen die Messgeräte, wobei der Beitrag eher gering ist, und zum anderen die Mikrometerschraube. So konnte die Spaltbreite nur auf den Mikrometer genau gemessen werden.

Tabelle 1: Berechnete Spaltbreiten.

Spalt	Spaltbreite / mm
Einzel	0,072 60
Doppel 1	0,155
Doppel 2	0,15

Beim Doppelspalt treten Nebenmaxima auf, welche nicht genau erkennbar sind, da nur 50 Messwerte aufgezeichnet wurden. Bei dem zweiten Doppelspalt wurde die Spaltbreite noch etwas vergrößert, was in einem verkleinern der Abstände zwischen den Maxima führt. Hier wurde letztendes nur noch die Einhüllende dargestellt da einfach zu wenig Messwerte aufgenommen wurden um genau Nebenmaxima erkennbar zu machen.

Literatur

- [1] *Anleitung zu v406, Beugung am Spalt.* URL: <http://129.217.224.2/HOMEPAGE/PHYSIKER/BACHELOR/AP/SKRIPT/V406.pdf> (besucht am 19.11.2017).

6 Werte

Tabelle 2: Werte der Bauteile.

Spalt	Spaltbreite / mm	Spaltabstand / mm	Spalt-Diode / cm
Einzel	0,075		32,5
Doppel 1	0,5	0,15	87,5
Doppel 2	0,5	0,75	155,5

Tabelle 3: Messwerte des Einzelspalts.

Δx / mm	I / μA
19	0,013
19,5	0,0236
20	0,0385
20,5	0,042
21	0,037
21,5	0,042
22	0,1
22,5	0,245
23	0,445
23,1	0,51
23,2	0,55
23,3	0,59
23,4	0,62
23,5	0,66
23,6	0,70
23,7	0,73
23,8	0,75
23,9	0,77
24	0,78
24,1	0,78
24,2	0,76
24,3	0,76
24,4	0,74
24,5	0,72
24,6	0,7
24,7	0,66
24,8	0,63
24,9	0,58
25	0,54
25,5	0,3
26	0,135
26,5	0,042
27	0,025
27,5	0,036
28	0,042
28,5	0,031
29	0,0174
29,5	0,0098
30	0,013

Tabelle 4: Messwerte des ersten Doppelspalts.

Δx / mm	I / μA		Δx / mm	I / μA
18	0,078		24,7	6,5
18,5	0,225		24,8	6,1
19	0,165		24,9	5,4
19,5	0,22		25	4,8
20	0,205		25,1	3,8
20,5	0,048		25,2	3,3
21	0,042		25,3	3,1
21,5	0,107		25,4	3,2
22	1		25,5	3,5
22,5	1,1		26	4,4
23	2,3		26,5	1,75
23,5	4,4		27	1,55
23,6	4,1		27,5	0,86
23,7	3,6		28	0,125
23,8	3,2		28,5	0,044
23,9	2,8		29	0,082
24	3		29,5	0,2
24,1	3		30	0,15
24,2	3,7		30,5	0,205
24,3	4,4		31	0,164
24,4	5,2		31,5	0,054
24,5	6		32	0,028
24,6	6,4			

Tabelle 5: Messwerte des zweiten Doppelspalts.

Δx / mm	I / μA		Δx / mm	I / μA
17	0,105		24,8	3,6
17,5	0,11		24,9	3,8
18	0,19		25	3,9
18,5	0,14		25,1	3,8
19	0,125		25,2	3,6
19,5	0,082		25,3	3,3
20	0,0265		25,4	3,0
20,5	0,066		25,5	2,85
21	0,19		25,6	2,8
21,5	0,39		25,7	2,9
22	0,7		25,8	3,0
22,1	0,9		25,9	3,1
22,2	0,8		26	3,1
22,3	0,95		26,1	3,0
22,4	1,025		26,2	2,8
22,5	1,4		26,3	2,5
22,6	1,45		26,4	2,2
22,7	1,75		26,5	2,0
22,8	2,05		26,6	1,8
22,9	2,24		26,7	1,65
23	2,64		26,8	1,7
23,1	2,31		26,9	1,65
23,2	2,25		27	1,65
23,3	2,45		27,5	1,0
23,4	2,23		28	0,7
23,5	2,35		28,5	0,27
23,6	2,65		29	0,095
23,7	2,8		29,5	0,057
23,8	3,1		30	0,06
23,9	3,4		30,5	0,11
24	3,4		31	0,175
24,1	3,4		31,5	0,16
24,2	3,2		32	0,175
24,3	3,0		32,5	0,095
24,4	2,95		33	0,076
24,5	2,95		33,5	0,029
24,6	3,05		34	0,013
24,7	3,4			