

Versuch O8 - Samuel Brinkmann, Levin Schulz

Date: 2023-07-10

Tags: O8

Created by: Samuel Brinkmann

Versuch O8

Namen der Mitwirkenden

Bitte klicken Sie in das Feld Title (oben) und schreiben Sie hinter O8 die Namen aller Beteiligten, jeweils durch - getrennt (Moodle kennt nur Namen, keine Matrikelnummern)

Rohdaten

Teilversuch Spaltbreite:

Abstand Spalt - Schirm (mit Messunsicherheit)

(160.9 +- 1.5) cm

Tabelle 1: Position der Minima auf dem beobachtungsschirm hinter dem Spalt, sowie daraus errechneter Ablenkungswinkel (Messung durch linkes zu rechtem Minima und Halbierung der Länge)

Nummer des Minimums	Abstand vom Mittelpunkt (mm) +/- Messunsicherheit
1	4.75 +- (0.25 + 0.5)
2	9.5 +- (0.25 + 0.5)
3	14.25 +- (0.25 + 0.5)
4	18.125 +- (0.25 + 0.5)
5	23.5 +- (0.25 + 0.5)
6	28.0 +- (0.25 + 0.5)
7	32.75 +- (0.25 + 0.5)
8	37.5 +- (0.25 + 0.5)
9	41.25 +- (0.25 + 0.5)

Unsicherheit durch Ablesegenauigkeit (halbiert) plus der Ungenauigkeit durch die Dicke der Minima auf dem

Schirm.

Teilversuch Abbsches Auflösungsvermögen

Zahl der minimal beteiligten Beugungsordnungen, um das Beugungsgitter auf dem Beobachtungsschirm abzubilden.

2

Hängen Sie die unbearbeiteten Fotos als jpg mit an!

Teilversuch Beugung an der Lochblende

Durchmesser Lochblende (Mikroskopmessung)

$(0.0868 \pm 0.0004) \text{ mm}$

Abstand Blende - Schirm (mit Messunsicherheit)

$(75.4 \pm 1.5) \text{ cm}$

Die Messgenauigkeit des Amperemeters wurde wie folgt abgeschätzt

$$u_I = 3\% \cdot I$$

Bestimmte Stromwerte für Positionen entlang der Mittellinie des Beugungsbildes (von -1. Ordnung bis 7. Ordnung)

Bei 1/4 mm Schritten kann die Linearschiene 200 Positionen x einnehmen. Tragen Sie die bestimmten Stromstärken in μA ein! Lassen Sie nicht genutzte einfach frei!

x (mm)	I (nA)	x	I (nA)	x	I (nA)	x	I (nA)	x	I (nA)	x	I (nA)	x	I (nA)	x	I (nA)	x	I (nA)	x	I (nA)
0	3.7	5	39.0	10	178.0	15	0.28	20	0.05	25	0.07	30	0.02	35		40		45	
0.25	4.0	5.25	50.0	10.25	162.0	15.25	0.57	20.25	0.12	25.25	0.11	30.25	0.035	35.25		40.25		45.25	
0.5	4.2	5.5	64.0	10.5	150.0	15.5	1.1	20.5	0.22	25.5	0.14	30.5	0.05	35.5		40.5		45.5	
0.75	3.6	5.75	80.0	10.75	133.0	15.75	1.6	20.75	0.33	25.75	0.18	30.75	0.067	35.75		40.75		45.75	
1	3.2	6	100.0	11	120.0	16	2.1	21	0.45	26	0.21	31	0.086	36		41		46	
1.25	2.6	6.25	118.0	11.25	104.0	16.25	2.55	21.25	0.54	26.25	0.23	31.25	0.105	36.25		41.25		46.25	
1.5	1.8	6.5	132.0	11.5	90.0	16.5	2.9	21.5	0.61	26.5	0.27	31.5	0.115	36.5		41.5		46.5	
1.75	2.3	6.75	150.0	11.75	76.0	16.75	2.8	21.75	0.66	26.75	0.27	31.75	0.130	36.75		41.75		46.75	
2	1.5	7	162.0	12	65.0	17	2.95	22	0.66	27	0.26	32	0.112	37		42		47	
2.25	0.9	7.25	175.0	12.25	52.0	17.25	2.8	22.25	0.65	27.25	0.25	32.25	0.1	37.25		42.25		47.25	
2.5	0.3	7.5	182.0	12.5	41.0	17.5	2.5	22.5	0.57	27.5	0.21	32.5	0.095	37.5		42.5		47.5	
2.75	0.28	7.75	190.0	12.75	32.0	17.75	2.15	22.75	0.50	27.75	0.17	32.75	0.08	37.75		42.75		47.75	
3	0.5	8	199.0	13	23.0	18	1.8	23	0.42	28	0.13	33	0.07	38		43		48	
3.25	1.2	8.25	203.0	13.25	18.0	18.25	1.35	23.25	0.32	28.25	0.14	33.25	0.06	38.25		43.25		48.25	

3.5	2.8	8.5	209.0	13.5	12.0	18.5	1.0	23.5	0.25	28.5	0.11	33.5	0.035	38.5		43.5		48.5	
3.75	5.7	8.75	210.0	13.75	7.0	18.75	0.6	23.75	0.13	28.75	0.065	33.75	0.025	38.75		43.75		48.75	
4	10.0	9	209.0	14	4.0	19	0.38	24	0.07	29	0.03	34	0.015	39		44		49	
4.25	15.0	9.25	202.0	14.25	1.9	19.25	0.2	24.25	0.03	29.25	0.02	34.25	0.01	39.25		44.25		49.25	
4.5	24.0	9.5	198.0	14.5	0.88	19.5	0.07	24.5	0.01	29.5	0.01	34.5	0.009	39.5		44.5		49.5	
4.75	29.0	9.75	188.0	14.75	0.3	19.75	0.03	24.75	0.02	29.75	0.01	34.75	0.008	39.75		44.75		49.75	

Sonstige Notizen /Beobachtungen

Die Messwerte ab $x=35\text{mm}$ haben so große Schwankungen bei der Anzeige des Messgerätes gehabt, das eine Fortführung der Messung keine zuverlässigen Messwerte geliefert hätte.	Die Unsicherheit für x ergibt sich aus der Ablesegenauigkeit des Gerätes mit: $u_x = 0.005\text{mm}$	
--	---	--

Rohdaten fertig

Abstract

Bitte geben Sie kurze Antworten - meist ein Satz - auf folgende vier Fragen!

Warum ist Ihrer Meinung nach der Versuch im GPR Kanon enthalten; wieso ist das interessant?

Zusätzlich zur geometrischen Optik (die in anderen Versuchen untersucht wird) werden Beugungen (wie in diesem Versuch) und Interferenz benötigt, um die Entstehung von optischen Abbildungen zu erklären.

Was genau haben Sie und wie haben Sie das untersucht?

Wir haben die Spaltbreite eines Einzelspaltes durch Messung der Abstände der Minima zum zentralen Hauptmaximum bestimmt. Wir haben die Anzahl der minimal benötigten Beugungsordnungen, um eine klare Auflösung auf dem Schirm zu bekommen, ermittelt, mit Hilfe einer vergrößerten Abbildung des Beugungsbildes eines Gitters, wobei durch eine Schiebblende die Beugungsordnungen verändert wurden. Zu guter Letzt haben wir den Durchmesser einer Lochblende auf zwei Arten bestimmt. Einmal mit Hilfe eines Mikroskops und das zweite Mal mit einer Intensitätsmessung des Beugungsbildes.

Was ist dabei als wesentliches Ergebnis herausgekommen?

Die minimale Beugungsordnung für eine klare Auflösung sind zwei. Die Spaltbreite des verwendeten Gitters und der Durchmesser der hier verwendeten Lochblende.

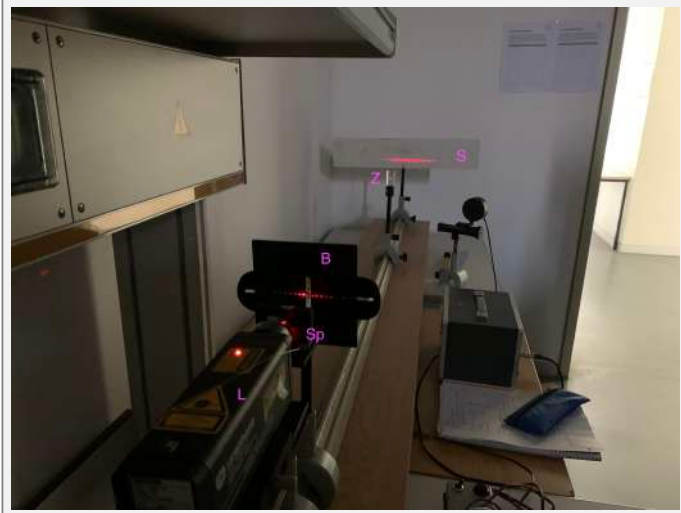
Was haben Sie daraus gelernt, das auch für andere wichtig sein könnte?

Eine Messung von sehr genau messbaren Größen, wie der Intensität des Beugungsbildes der Lochblende, und Verwendung eines Fits zur Ermittlung der gesuchten Größe ist zu präferieren über einer direkten Messung, wie hier mit dem Mikroskop, wenn diese fehleranfälliger ist.

1.) Messaufbau

Fügen Sie eine Skizze des Aufbaus für einen der drei Versuche! Kein Text im Bild! Wenn Sie Symbole oder Zeichen verwenden, erweitern Sie die Bildunterschrift und erklären Sie diese dort!

Beschreiben Sie im Feld daneben sehr kurz was man sieht und wofür die Bezeichner stehen. Was ist bei den anderen beiden übrigen Versuchen anders?



Beschreibung des Versuchsaufbaus:

In der Abbildung ist der verwendete Laser L , die Blende B (eingestellt auf hier eine Beugungsordnung), das Gitter Sp , der Schirm S und der Zylinder Z zu sehen. Durch das Gitter entsteht eine Beugung des Laserstrahls, wobei wir mit Hilfe der Schieblende die Anzahl der Beugungsordnungen auswählen konnten. Um ein vergrößertes Bild zu erhalten, wurde ein Zylinder an der Brennweite aufgestellt, also dort, wo auf dem Schirm nur noch ein Punkt zusehen war. Durch unterschiedliche Einstellungen der Schieblende konnten wir die minimale Beugungsordnung herausfinden, um ein klares Bild auf dem Schirm zu bekommen.

Im Teilversuch Spaltbreite wird zwischen dem Laser und dem Schirm nur der Einzelspalt positioniert.

Im Teilversuch Beugung an der Lochblende wurde, anstatt des Gitters, der Schieblende und des Zylinders, eine Lochblende und ein Detektor verwendet (in dieser Reihenfolge von dem Laser aus gesehen).

Bild1: beispielhafter Aufbau im Rahmen des Experiments (Teilversuch Abbsches Auflösungsvermögen) mit Laser L , der Blende B (eingestellt auf hier eine Beugungsordnung), dem Gitter Sp , dem Schirm S und dem Zylinder Z .

2.) Messung der Spaltbreite

Ich habe an dieser Stelle eine leicht andere Methode zur Auswertung der Daten genommen, da diese mir übersichtlicher und besser nachvollziehbar scheint.

Fügen Sie hier eine Grafik gemäß Bildunterschrift ein!

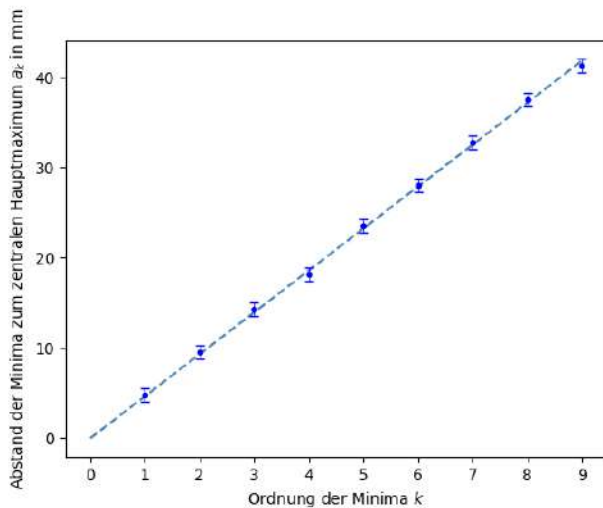


Bild 2: Abstand der Intensitätsminima zum zentralen Hauptmaximum mit linearem Fit (gestrichelte Linie)

Welche Spaltbreite haben Sie aus dem Anstieg bestimmt (samt Ungenauigkeit)?

Nach der Auswertungshilfe Seite 2f.

(<http://people.physik.hu-berlin.de/~schaefer/Grundpraktikum/O8-FraunhoferscheBeugung/O8-FraunhoferscheBeugung.pdf>) folgt nach doppelter Kleinwinkelnäherung der Zusammenhang:

$$a_k = \frac{L\lambda}{B} \cdot k$$

mit Abstand Spalt - Schirm L , Wellenlänge des Lasers λ und Spaltbreite B ,

was mit der linearen Anpassung nach $a_k = m \cdot k$ (Steigung m) die folgende Formel liefert:

$$m = \frac{L\lambda}{B}.$$

Umgeformt:

$$B = \frac{L\lambda}{m}.$$

Die Steigung der linearen Anpassung ist $m = (4.65 \pm 0.05)mm$. Die Wellenlänge des Lasers ist $\lambda = 0.0006328mm$ und der Abstand $L = (1609 \pm 15)mm$. Mit Gauß'scher Fehlerfortpflanzung folgt für die Unsicherheit von B :

$$u_B = \sqrt{\left(\frac{\lambda}{m} \cdot u_L\right)^2 + \left(\frac{L\lambda}{m^2} \cdot u_m\right)^2}.$$

Insgesamt also:

$$B = (0.219 \pm 0.004)mm.$$

Überprüfung, ob der relative Fehler der Kleinwinkelnäherung deutlich kleiner ist als die relative Messunsicherheit des Abstandes (Zulässigkeit der Formel):

$$u_L = 15mm >> \frac{a_{max}^2}{2L} \approx 0.52mm \rightarrow \text{somit zulässig.}$$

Ist dieses Ergebnis realistisch und was könnte man evtl. noch besser machen?

Ich würde dieses Ergebnis als zuverlässig einstufen, da die Messwerte die theoretischen Erwartungen erfüllen (siehe Bild 2) und somit in sich konsistent sind. Zudem wurde durch die Art der Messung der Minima die Ableseunsicherheit für die Länge halbiert. Eine Überlegung in der Auswertung wäre, dass man keine Ursprungsgerade für den Fit nimmt, sondern eine allgemeine Gerade, und somit mögliche systematische Unsicherheiten, die durch nicht ganz ideal positionierte Apparaturen entstanden sind, herausrechnet, wobei dies (bei unseren Messwerten zum Beispiel) keinen größeren Unterschied machen würde, da die Gerade die Messwerte sehr gut zu approximieren scheint (siehe Bild 2).

3) Auflösungsvermögen einer Linse

Benennen Sie Abbesche Formel für das Auflösungsvermögen und beschreiben Sie die Idee hinter dieser Formel!

$$g_{min} = \frac{\lambda}{n \sin(\varphi)}$$

mit n als Brechungsindex des Mediums zwischen Objekt und Objektiv und φ als halber Öffnungswinkel des Objektivs in Bezug auf einen Objektpunkt.

Die Theorie von Abbe ist zur Bildentstehung für periodischen Objekten. Das folgende ist aus der Versuchsanleitung zitiert:

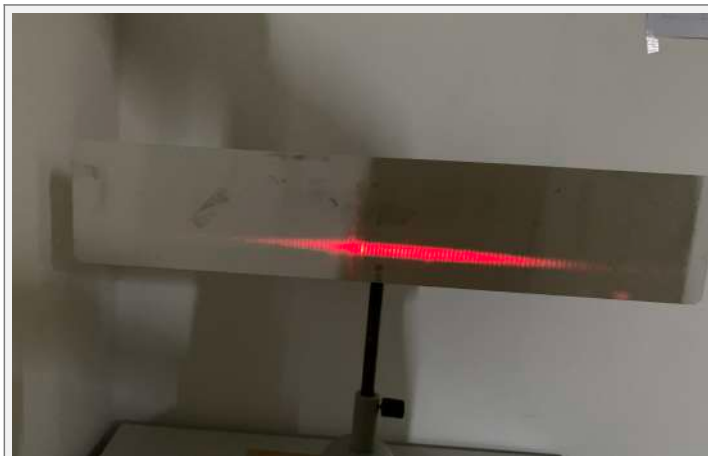
"Danach ist die notwendige Voraussetzung für die Ähnlichkeit von Bild und Objekt, dass bei der Annahme senkrechter Beleuchtung des Objektes mit parallelem Licht außer der 0. mindestens die 1. Ordnung des am Objekt gebeugten Lichtes in das Objektiv gelangt. Die Abbildung wird umso getreuer, je mehr Ordnungen zu ihr beitragen. Benutzt man nach Abbe als Objekt ein Gitter ([wie in diesem Versuch]) mit der Gitterkonstanten g , so folgt bei Nutzung der 0. und 1. Ordnung [...] als kleinster auflösbarer Spaltabstand g_{min} ."

Fügen Sie jeweils links einen Fotoausschnitt ein und beschreiben Sie rechts, woran man erkennt, dass es sich dabei um Foto gemäß Bildunterschrift handelt!



Man kann in dem Bild 3 erkennen, dass eine sehr geringe Auflösung bei nur eine Beugungsordnung vorliegt und das Bild somit unscharf ist. Es sind keine Minima bzw. Maxima klar erkennbar.

Bild 3: Intensitätsverteilung auf dem Beobachtungsschirm für den Fall, dass die gewählte Blendeneinstellung (s. Text) nicht für die Auflösung des beobachteten Gitters genügt.



Man kann in dem Bild 4 erkennen, dass die Auflösung bei zwei Beugungsordnungen ausreicht, um die Minima bzw. Maxima auf dem Schirm klar zu erkennen.

Bild 4: Intensitätsverteilung auf dem Beobachtungsschirm für den Fall, dass die gewählte Blendeneinstellung (s. Text) für die Auflösung des beobachteten Gitters ausreichend ist.

4.) Beugung an einer Lochblende

Fügen Sie eine Abbildung ein, die Messwerte, deren Ungenauigkeiten und den Fit sinnvoll darstellen!

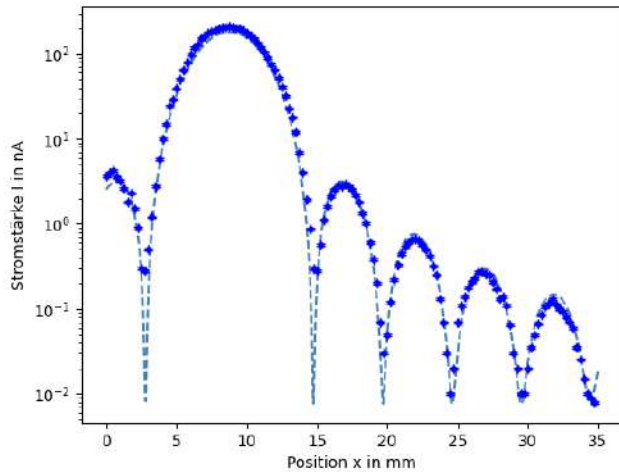


Bild 5: Intensität des gebeugten Laserlichts hinter einer Lochblende entlang einer Linie durch den Orts/Richtungs - Nullpunkt, Messpunkte (Punkte samt Fehlerbalken) und Fit (gestrichelte Linie).

Welchen Lochblenden Durchmesser haben Sie ermittelt?

Der Fit ist gemäß der Auswertungshilfe Seite 7ff.

(<http://people.physik.hu-berlin.de/~schaefer/Grundpraktikum/O8-FraunhoferscheBeugung/O8-FraunhoferscheBeugung.pdf>):

$$I(x) = 4I_0 \cdot \left(\frac{J_1(G \cdot (x-x_0))}{G \cdot (x-x_0)} \right)^2 + I_B,$$

wobei J_1 die Besselfunktion 1. Ordnung ist. Die freien Parameter sind x_0 , I_0 , I_B und G mit dem zusätzlichen Zusammenhang

$$G = \pi \cdot \frac{D}{\lambda \cdot L},$$

wobei D der Lochblenden Durchmesser, L der Lochblenden-Detektor Abstand und λ die Wellenlänge des Lasers ist.

Wir bekommen die folgenden Werte für den Fit:

$$G = (0.64204 \pm 0.00015) 1/mm$$

$$I_0 = (180.3 \pm 0.6) nA$$

$$I_B = (0.00755 \pm 0.00012) nA$$

$$x_0 = (8.766 \pm 0.004) mm$$

Die Formel für G , nach D umgestellt, ergibt:

$$D = \frac{G \lambda L}{\pi}.$$

Mit Gauß'scher Fehlerfortpflanzung folgt:

$$u_D = \sqrt{\left(\frac{\lambda \cdot L}{\pi} \cdot u_G \right)^2 + \left(\frac{G \cdot \lambda}{\pi} \cdot u_L \right)^2}.$$

Somit kommen wir insgesamt auf einen Wert von

$$D = (0.0974 \pm 0.0020) \text{ mm.}$$

Vergleichen Sie diesen Wert mit dem vorher am Mikroskop direkt bestimmten Wert und diskutieren Sie eventuelle Abweichungen!

Der hier ermittelte Wert mit dem Fit und der gemessene Wert mit dem Mikroskop haben eine Abweichung von ca. 0.01 mm. Diese Abweichung kann durch eine Unsicherheit beim Messen mit dem Mikroskop begründet werden, da es relativ schwierig war den Punkt abzapassen, wo die Skala in dem Okular scharf aussieht. Aus diesem Grund sehe ich den ermittelten Wert mit dem Fit als vertrauenswürdig an und den leicht abweichenden Wert mit dem Mikroskop als ungenau. Trotzdem zeigen uns beide Werte zusammen, dass keine größeren Fehler beim Messen gemacht wurden und die Anpassungswerte im richtigen Bereich/Größenordnung liegen.

5.) Fazit

Fassen Sie die wichtigsten Erkenntnisse in max. zwei Sätzen zusammen!

Es gibt eine minimale Beugungsordnung, so dass man eine klare Auflösung erhält, und sollte nach der Kalibrierung des Lasers bei Beugungsversuchen ermittelt werden, um gute Ergebnisse zu erzielen. Die Messung mit dem Mikroskop ist leicht fehleranfälliger als die Ermittlung des Lochblenden Durchmessers mit einem Fit, da das Finden der schärfsten Einstellung beim Mikroskop hinzukommt.

Attached files

20230711153212-timestamped.zip (Timestamp archive by Samuel Brinkmann)
sha256: fd4afd51625d6e9e0930146ad036929e1ce94a8eb646abb96b00d4da79992dbd

Versuchsaufbau_Spalt.png
sha256: 514be8ee945c8344e1a23468846069713fb0b01e768173f5b69e6257ad52ca05



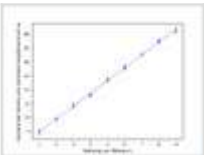
unscharfe_aufloesung.jpg
sha256: 386409eaf6882bbc64cf08549a2862988fbfae587438de90b49b1d66a2c3750a



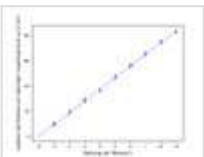
scharfe_aufloesung.jpg
sha256: ef9702479ea788cd29a31ba14aeb33a95da87fa62b1606495de262cab4d83ef1



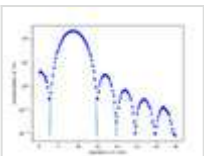
Screenshot-2023-07-15-at-12.20.47.png
sha256: ea5e3940bdaa878d8724633b3a7f705e165254964cf2dd04161eada4b07abf5d



Screenshot-2023-07-15-at-12.20.47.png
sha256: fc6211b68870c9dfa936026b2585c97079e41ecd3864fc33febf1a5842d3c973



plot_O8.png
sha256: ec21dd98e52c70ea7cd25584149a2411687ab62495d33c7a8baa884329d4fb0c





Unique eLabID: 20230710-e4c9424d38077dfcd181a134c284210754d8ca1c
Link: <https://elabftw.physik.hu-berlin.de/experiments.php?mode=view&id=2414>

Changelog