

Vorbemerkung

Dies ist ein korrigiertes Praktikumsprotokoll aus dem Modul physik312.

Dieses Praktikumsprotokoll wurde von einem Tutor korrigiert. *Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.*

Alle Praktikumsprotokolle zu diesem Modul können auf http://martin-ueding.de/de/university/bsc_physics/physi gefunden werden.

Sofern im Dokument nichts anderes angegeben ist: Dieses Werk von Martin Ueding ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

[disclaimer]

Physik 312 - Versuch 368

Biegung und Interferenz

Marvin Oeding

mu@uni-bonn.de

2013-02-18

Erleitung

In diesem Versuch untersuchen wir Biegung von Licht an einer und mehreren Öffnungen. Dabei benutzen wir Spalt und Gitter zur Wellenlängenbestimmung. ✓

Theorie

Überlagerung kohärenter Wellen kann zu Auslöschung führen.

Kohärenzbedingungen

Das Licht aus dem Beleuchtungsspalt soll keinen nennenswerten Gangunterschied zu den Seiten des Beugungsspaltes haben.

Außerdem müssen die Wellenlängen lang genug sein, damit es überhaupt zur Interferenz kommen kann.

Zuletzt müssen die Lichtstrahlen vom Spalt zum Schirm noch einen $(\frac{1}{2}m)\lambda$ Gangunterschied haben, um sich auszulöschen.

$$1) \quad dD \leq \frac{1}{2} \lambda L$$

$$2) \quad \Lambda = c \tau \gg \lambda$$

$$3) \quad \sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{D}$$

$$\sin \alpha_n = n \frac{\lambda}{D}$$

Intensität •

Der Einzelspalt hat $I(x)$.

$$I(x) = I_0 \frac{\sin^2(q)}{q^2}$$

$$q = \frac{\pi D \sin(\alpha)}{\lambda}$$

Minima entstehen, wenn $\sin(q) = 0 \wedge q \neq 0$.

Dies passiert wenn

$$q = m\pi = \frac{\pi D \sin \alpha}{\lambda}$$

Mit $\sin \alpha = \frac{x}{f}$ ist die Wellenlänge bestimmbar.

$$\lambda = \frac{D}{m} \frac{x}{f}$$

Dabei ist $\frac{x}{m}$ die Steigung aus dem x gegen m Plot.

Gitter

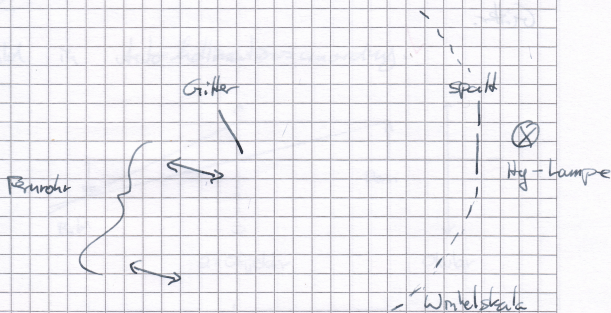
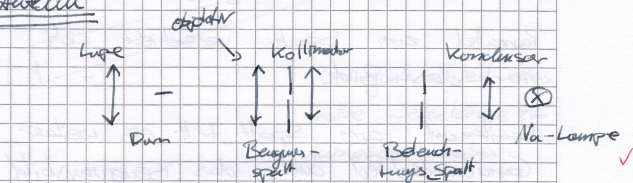
Beim symmetrischen Gitter gilt folgende Relation:

$$2d \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = m\lambda$$

Das Auflösungsvermögen R ist:

$$R = \frac{1}{\Delta\lambda} = mN$$

Aufbau



Aufgaben

A

Das Licht von unterschiedlichen Quellpunkten ist nicht kohärent, es entsteht dadurch keine Interferenz.

Entlang der optischen Achse tritt kein Effekt auf, der Gangunterschied zu den Rändern des Beugungsspaltes ist 0.

Parallel zum Spalt verschiebt sich nur das Bild.

Senkrecht zum Spalt tritt ein weiterer Gangunterschied auf, das Beugungsbild verschiebt sich.

Der Effekt ist ähnlich dem α_0 beim Gitter.

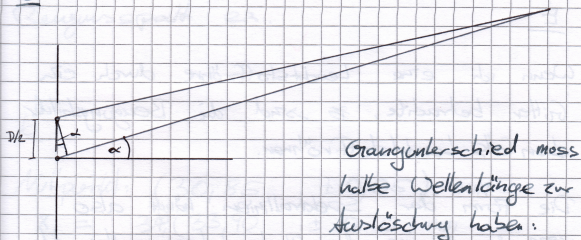
B

$$\Delta \nu \approx 10 \text{ MHz} \quad \tau = \frac{1}{2\pi\Delta\nu} \approx 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$\Delta = c\tau \approx 4,8 \text{ mm} \approx 4,8 \text{ m}$$

Δ ist deutlich größer als alle auftretenden Gangunterschiede.

C



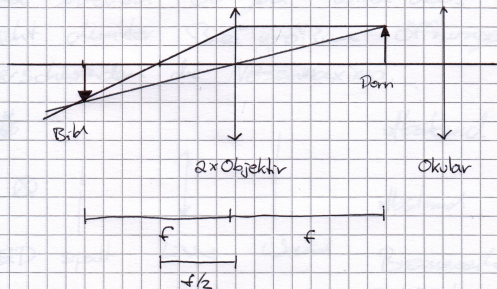
$$\sin(\alpha) \frac{D}{2} = \frac{1}{2} \lambda \Leftrightarrow \sin \alpha = \frac{\lambda}{D} \quad \checkmark$$

Das Bild des Sterns

$f = 50 \text{ cm}$
 $D = 6,1 \pm 0,1 \text{ mm}$
 $L \approx 20 \text{ cm} \pm 5 \text{ cm}$

D

Bild in Auto-kollimativer anordnung:



$f = 50 \text{ cm}$
 $(2,5 + 0,5) \text{ cm}$
 $\approx 20 \text{ cm}$
 $17,5 \text{ cm}$
 $0,1 \text{ cm}$

Dabei habe ich den Strahlengang
aufgeklappt und die Objektivlinse durch
zwei ersetzt. Dadurch habe ich
die Brennweite.

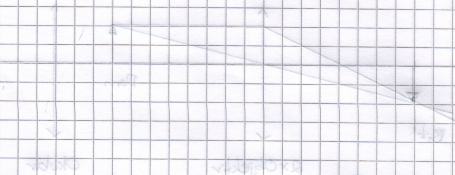
Der Dorn wird also unter dem Dorn
abgebildet. ✓

E

Wenn ich eine Leuchtstofföhre durch ein
Gitter betrachte, es sind die Beugungsbilder
ebenfalls Leuchtstofföhren.

Die Form der Spektrallinien hängt also
von der Form des Beleuchtungsspaltes ab.
Da er gerade ist, ist das Bild gerade.

Für gebogene Spektrallinien muss ein ent-
sprechender Strahl benutzt werden. ✓



Durchführung

a

Wir justieren das Fernrohr per Autokollimation.

Der Stern muss scharf unter dem Stern } Das Bild des Sterns

sein. Wir setzen Beleuchtungsspalt und Linse ein, sowie die Lampe. Wir justieren,

bis auf Höhe des Okulars der Spalt scharf ist. Dann setzen wir den

Beyugsspalt ein. ✓

b

Mittelpunkt: $(30,85 \pm 0,05)$ mm

$X_1 = 34, (33,90 \pm 0,10)$ mm

$X_2 = (36,55 \pm 0,10)$ mm

$X_3 = (39,55 \pm 0,10)$ mm

$X_4 = (42,60 \pm 0,20)$ mm

$f = 50$ cm

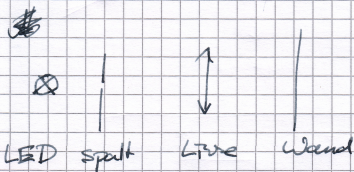
$D = 6,1 \pm 0,001$ mm

$L \approx 20$ cm
 ± 5 cm

CV

c

Bei kleinen Öffnungen wird das Licht dunkler. Bei größeren Öffnungen verschwinden die Nebenmaxima.



Abstand Spalt - Linse: $(21,5 \pm 0,5)$ mm

Abstand Linse - Wand: $100 \pm 0,5$ cm

Brennweite $\approx 17,5$ cm

Bildweite: $(1,2 \pm 0,1)$ cm

Wir justieren den zweiten Vertikal.
 Erstellung im Spaltgröße justiert.
 Gitter ausgeleuchtet Fernrohr auf
 Skala eingestellt.

d

m	$\varnothing a_2 / \text{cm}$	a_1 / cm
1	55,43	44,43
0	50,00	50,00
2	60,88	39,05
3	66,35	33,59
4	72 71,82	28,12
5	77,31	22,63
6	82,83	17,13
7	88,39	11,60
8	93,97	6,02
9	99,57	0,42

Fehler: 0,3 mm

CW

$m \cdot 0,2 = 7$
 $m(0,2 \pm 1,0) = 7$
 $m \approx 35$
 $m \approx 2$

$m(2 \pm 2,19)$
 $m \approx 10$
 $m(10)$

e)

m	a_m / cm	a_r / cm
1	54,33	45,62
2	58,68	41,25
3	63,03	36,88
4	71,78 67,38	32,52
5	71,78	28,18
6	76,17	23,79
7	80,55	19,48
8	84,99	15,00
9	89,40	10,54
10	93,86	6,11
11	98,32	1,68

CW

f

2. Ordng	b	g	B
4. Ordng	1m		1,4 cm \pm 1mm
7. Ordng	1m		9,8 cm \pm 1mm
	3,30m / 10,50m		1,8 cm \pm 2mm

f = 10 cm

CW

Auswertung

b)

Ich lese m , x_m und Δx_m ein und
plotte dies. Dann fitte ich

$$x_m(m) = a \cdot m$$

an die Daten. Als Fitparameter erhalte ich:

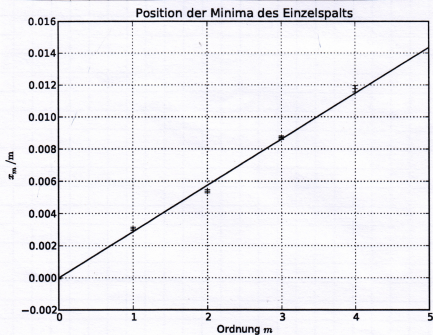
$$a = (2,8769 \pm 0,052) \text{ mm}$$

Mit

$$\lambda_{\text{geb}} = D \frac{a}{f}$$

ermittle ich:

$$\lambda_{\text{geb}} = (573,8 \pm 11,9) \text{ nm}$$



c

Die Spaltgröße errechne ich mit

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

Die Messwerte eingesetzt:

$$d = (2,58 \pm 0,22) \text{ mm} \quad \checkmark$$

Für die Kohärenzbedingung benutze ich:

$$dD \ll \frac{1}{8} \lambda_{\text{gelb}} L$$

$$2,58 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \ll 1,434 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

Dies ist nicht erfüllt. Dies deckt sich damit, dass wir keine Beugung mehr beobachten konnten. ↓

d

Ich lese m , a_r und a_e ab. Ich bestimme $\varphi = (a_r - a_e)/2$. Mit

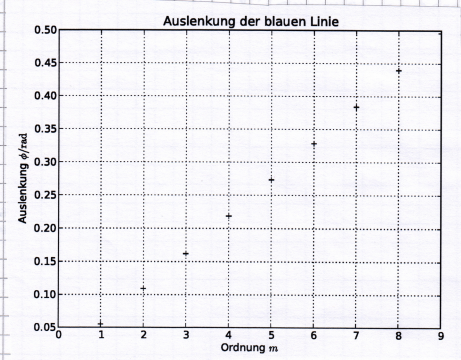
$$d_m \sin \varphi = m \cdot \lambda_{\text{gelb}} / (2 \sin(\varphi/2))$$

bestimme ich zu jeder Ordnung die Gitterkonstante d_m (siehe Tabelle nächste Seite). Dann bestimme ich den Mittelwert.

$$d = \overline{d_m}, \quad \Delta d = \frac{\text{std}(d_m)}{10}$$

$$d = 1,002 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta d = 5,1 \cdot 10^{-9} \text{ m} \quad \checkmark$$

m	φ / rad	$d / 10^{-5} \text{ m}$
1	0,550	0,9930
2	1,092	1,0011
3	1,620	1,0123
4	2,185	1,0017
5	2,734	1,0018
6	3,285	1,0019
7	3,840	1,0017
8	4,400	1,0015
9	4,960	1,0016



e
 Aus den Daten, m und φ_m , bestimme ich jeweils die blaue Wellenlänge:

$$\lambda_{\text{blau}} = 2 \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \frac{d}{m}$$

$$\lambda_{\text{blau}} = (4,36,127 \pm 0,0458) \text{ nm} \quad \checkmark$$

f

Das Auflösungsvermögen ist

$$R = \frac{578,01}{2,1} \approx 275$$

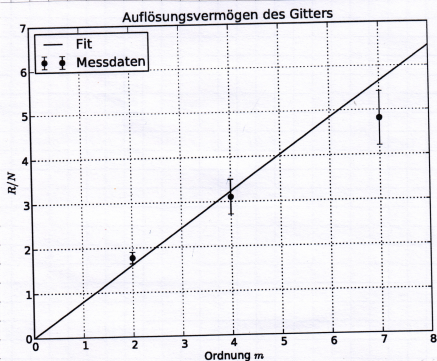
Die Maße vom Spalt berechne ich mit

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad \text{und} \quad \frac{G}{B} = \frac{g}{b}$$

m	g/dm	b/m	G/mm	$\Delta G / 10^{-4} \text{m}$	B/cm
2	1,11	1,00	1,56	1,2	1,40
4	1,11	1,00	0,89	1,11	0,80
7	1,05	330	0,57	0,725	1,80

Ich plote R/N gegen m , zu erwarten ist eine Ursprungsgerade.

Wohin nimmst du die Werte für N ?



Resultat

Wir haben die gelbe Natriumlinie auf $\lambda_{\text{gelb}} = (573,8 \pm 1,9) \text{ nm}$ bestimmt.

Beim Verschieben des Beugungsbildes war auch die Kohärenzbedingung nicht mehr erfüllt.

Den Spaltabstand im Gitter bestimmten wir auf $1,002 \cdot 10^{-5} \text{ m} \pm 5,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Die Wellenlänge der blauen Emission haben wir auf $(436,127 \pm 0,0458) \text{ nm}$ bestimmt.

Die Relation $dL = m\lambda$ haben wir recht gut bestätigen können.

Diskussion

Die Na-D-Linie sollte bei 589 nm liegen. Dies liegt außerhalb unseres Fehlerbereichs.

Die Gitterkonstante ist nahe einer glatten Zahl, dies scheint plausibel.

Die blaue H γ -Emission sollte bei 435,8 nm. Dies über Ergebnis liegt nah dran, jedoch ist der Fehler deutlich überschätzt.

$\lambda_{435,8 \text{ nm}}$

Beim Auflösungsvermögen haben wir den
Spalt etwas zu groß eingestellt, um exakt
 $R = m\lambda$ zu erhalten.

gut!

27.2.

☺