

Physikalisches Praktikum

MI2AB
Prof. Ruckelshausen

Versuch 3.6: Beugung am Gitter

Gruppe 2, Mittwoch: Patrick Lipinski, Sebastian Schneider

Inhaltsverzeichnis

1. Theorie	Seite 1
2. Versuchsdurchführung	Seite 2
2.1 Bestimmung des Gitters mit der kleinsten Gitterkonstanten [d]	Seite 2
2.2 Analyse der Beugungerscheinungen des projizierten Hg-Spektrums	Seite 2
3. Messergebnisse	Seite 2
3.1 Bestimmung des Gitters mit der kleinsten Gitterkonstanten [d]	Seite 2
3.2 Analyse der Beugungerscheinungen des projizierten Hg-Spektrums	Seite 3
4. Auswertung	Seite 3
5. Mögliche Fehlerquellen	Seite 4

1. Theorie

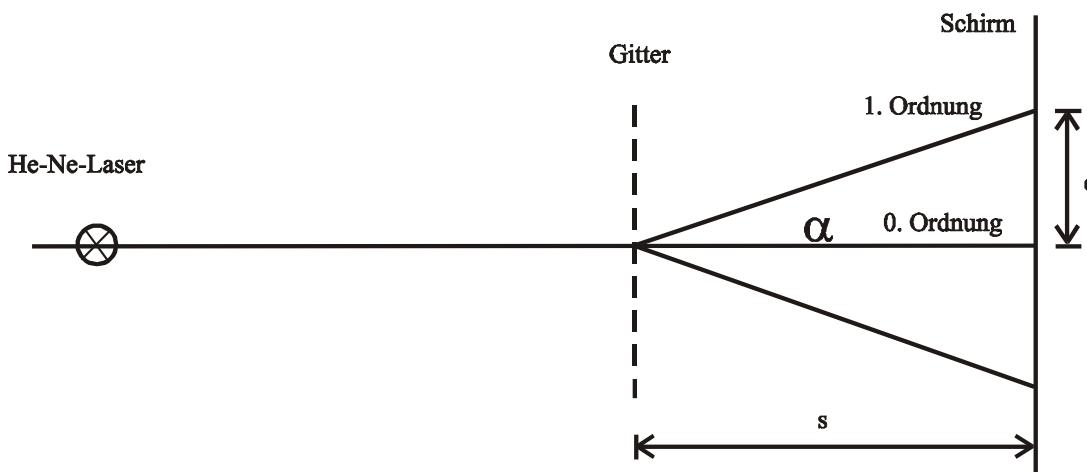
In diesem Versuch soll anhand eines Beugungsgitters das Licht einer Quecksilberdampflampe in seine Spektrallinien zerlegt und auf einem Schirm sichtbar gemacht werden. Die Wellenlängen sind dabei aus den zu messenden Abständen der Spektrallinien 1. und 2. Ordnung zur 0. Ordnung zu bestimmen. Zuvor ist die Gitterkonstante des zu benutzenden Beugungsgitters mit Hilfe eines He-Ne-Lasers zu ermitteln.

Bei der Beugung werden mit einem optischen Gitter die verschiedenen Wellenlängen eines Lichtstrahles in unterschiedliche Richtungen gebeugt und damit räumlich getrennt. Laufen parallele Wellen auf das Gitter, entstehen an den Gitterspalten neue elementare Kugelwellen (Huygen'sches Prinzip). Diese Wellen überlagern sich und so entstehen Auslöschungen und Verstärkungen verschiedener Wellenlängen und ein Interferenzmuster wird sichtbar.

Anhand der Formel

$$d * \sin(\alpha) = n * \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{d}{n} * \sin(\alpha)$$

lässt sich die Wellenlänge λ aus der Messung des Beugungswinkels α der Ordnung n ($n = 0, 1, 2, \dots$) bestimmen, sofern paralleles Licht der Wellenlänge λ senkrecht auf ein Gitter mit dem Strichabstand (Gitterkonstante) d fällt. Das Licht wird im Gitter unter den Winkeln α gebeugt.



Der Beugungswinkel α bestimmt man aus der Gleichung

$$\tan(\alpha) = \frac{e}{s}$$

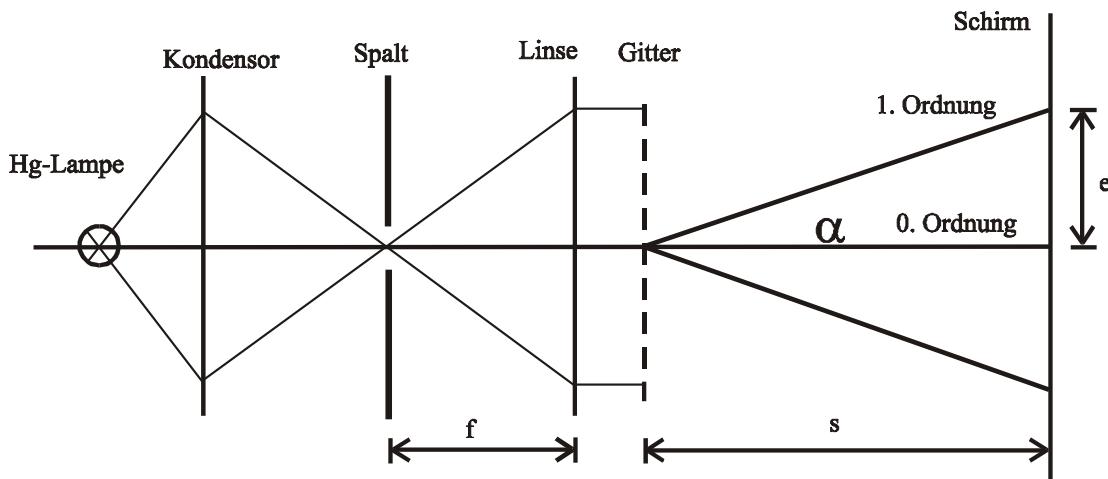
in der s der Abstand Gitter zu Schirm und e der Abstand der Spaltbilder erster Ordnung von dem Bild nullter Ordnung auf dem Schirm ist.

2. Versuchsdurchführung

2.1 Bestimmung des Gitters mit der kleinsten Gitterkonstanten [d] mit Hilfe des He-Ne-Lasers

Zunächst wird der He-Ne-Laser senkrecht zum Schirm ausgerichtet. Danach werden die uns zur Verfügung stehenden Gitter anhand der Beugungerscheinungen des Laserstrahls verglichen. Der Abstand zwischen Schirm und Gitter wird notiert. Schon mit blossem Auge lassen sich starke Unterschiede erkennen.

2.2 Analyse der Beugungerscheinungen des projizierten Hg-Spektrums



Das Licht der Hg-Lampe wird durch den Kondensor auf dem Spalt abgebildet, der als eigentliche Lichtquelle für das Beugungsexperiment dient. Der vertikale Spalt wird



durch die Linse auf dem Schirm im Abstand s zum Gitter scharf abgebildet. Das Gitter ist parallel zum Schirm ausgerichtet und wird durch die Abstände zwischen 0. und 1. Ordnung sowie 0. und -1. Ordnung verglichen und kontrolliert. Dabei ist darauf zu achten, dass die beiden gelben nebeneinanderliegenden Hg-Linien getrennt voneinander zu erkennen sind.

Mit einem Massband werden nun die Abstände zwischen den Spektrallinien der 1. Ordnung zur 0. Ordnung gemessen. Hierbei ist besondere Rücksicht auf die 2 UV-Spektrallinien zu nehmen, welche durch reinweisses Papier sichtbar werden.

3. Messergebnisse

3.1 Bestimmung des Gitters mit der kleinsten Gitterkonstanten [d] mit Hilfe des He-Ne-Lasers

$e = 0,517\text{m}$ (Abstand zwischen der n. Ordnung und der 0. Ordnung)

$s = 1,228\text{m}$ (Abstand zwischen Gitter und Schirm)

$n = 1$ (Ordnung)

$\lambda = 632,8\text{nm}$ (Wellenlänge des He-Ne-Lasers)

$$\alpha = \arctan\left(\frac{e}{s}\right) = \arctan\left(\frac{0,517\text{m}}{1,228\text{m}}\right) = \arctan(0,421) = 22,83^\circ$$

$$d * \sin(\alpha) = n * \lambda \Rightarrow d = \frac{n * \lambda}{\sin(\alpha)} = \frac{1 * 632,8\text{nm}}{\sin(22,83^\circ)} = 1630,94\text{nm}$$

Die Gitterkonstante d beträgt 1630,94nm.

3.2 Analyse der Beugungerscheinungen des projizierten Hg-Spektrums

Ordnung	Farbe	e (Abstand zur 0. Ordnung)
1	ultraviolett	0,283 m
1	ultraviolett	0,312 m
1	violett	0,336 m
1	dunkelgrün	0,383 m
1	hellgrün	0,43 m
1	gelb	0,457 m
1	gelb	0,46 m
2	ultraviolett	0,589 m
2	ultraviolett	0,676 m
2	violett	0,749 m
2	hellgrün	1,054 m

$$s = 1,228\text{m}; d = 1630,94\text{nm}$$

4. Auswertung

Aus den Formeln

$$\alpha = \arctan\left(\frac{e}{s}\right)$$

und

$$d * \sin(\alpha) = n * \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{d * \sin(\alpha)}{n}$$

lassen sich die entsprechenden Wellenlängen für die Spektrallinien ausrechnen.

Ordnung	Farbe	e (Abstand zur 0. Ordnung)	Beugungswinkel α	Wellenlänge λ
1	ultraviolett	0,283 m	12,97757766°	366,259745 nm
1	ultraviolett	0,312 m	14,25559837°	401,6157056 nm
1	violett	0,336 m	15,30248362°	430,4293029 nm
1	dunkelgrün	0,383 m	17,32213903°	485,602225 nm
1	hellgrün	0,43 m	19,29835899°	539,0050568 nm
1	gelb	0,457 m	20,41274209°	568,8400396 nm
1	gelb	0,46 m	20,53558975°	572,1160325 nm

2	ultraviolett	0,589 m	25,62431832°	352,6650705 nm
2	ultraviolett	0,676 m	28,83228235°	393,2582367 nm
2	violett	0,749 m	31,3804706°	424,6304512 nm
2	hellgrün	1,054 m	40,63969664°	531,1157026 nm

Vergleich mit Literaturwerten:

Ordnung	Farbe	Wellenlänge λ	Literaturwerte	Abweichung absolut
1	ultraviolett	366,259745 nm	365,00	1,259745
1	ultraviolett	401,6157056 nm	404,66	-3,0442944
1	violett	430,4293029 nm	435,84	-5,4106971
1	dunkelgrün	485,602225 nm	491,60	-5,997775
1	hellgrün	539,0050568 nm	546,07	-7,0649432
1	gelb	568,8400396 nm	576,96	-8,1199604
1	gelb	572,1160325 nm	579,07	-6,9539675
2	ultraviolett	352,6650705 nm	-	-
2	ultraviolett	393,2582367 nm	-	-
2	violett	424,6304512 nm	-	-
2	hellgrün	531,1157026 nm	-	-

Die gemessenen Werte kommen den Literaturwerten relativ nahe. Die mittlere Abweichung beträgt bei der 1. Ordnung -5,04741323 nm.

Im Versuch wurden 7 verschiedene Spektrallinien der Hg-Lampe auf dem Schirm durch die Beugung am Gitter sichtbar. Vor allem die Darstellung der beiden gelben Spektrallinien stellt dabei eine grosse Herausforderung dar, es bietet sich dadurch aber eine gute Kontrollmöglichkeit der Schärfe der gesamten Darstellung.

Trotz bestmöglicher Justierung der Lampe lag die Breite der Spektrallinien bei 3-4 Millimetern, daraus ergibt sich eine Messungenauigkeit um diesen Wert. Wie in der Tabelle zu sehen betragen dadurch die Abweichungen bei unserer Messung des sichtbaren Lichts 5-8 Nanometer.

5. Mögliche Fehlerquellen

- Messungenauigkeiten bei Abstandsmessung (Maßband): $\pm 0,5\text{mm}$
- Breite der Spektrallinien: $\pm 2\text{mm}$
- Fehler oder Ungenauigkeit beim Justieren der Versuchsgeräte