

Versuch P2 - 13: Interferenz

Auswertung

Von Jan Oertlin und Ingo Medebach

3. Mai 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Newton'sche Ringe	2
1.1	Krümmungsradius R einer symmetrischen sphärischen Bikonvexlinse	2
1.2	Brechungsindex von Wasser	2
1.3	Autokollimation	3
1.4	Bestimmung des Brechungsindex der Linse	3
2	Beugung am Gitter	4
2.1	Justierung des Gitterspektrometers	4
2.2	Bestimmung der Gitterkonstante eines Gitters	4
2.3	Wellenlängenabstand der gelben Na-Linien	4
2.4	Bestimmung der Gitterkonstante eines unbekanntes Gitters	5
2.5	Wellenlängenbestimmung der Zn-Spektrallampe	5

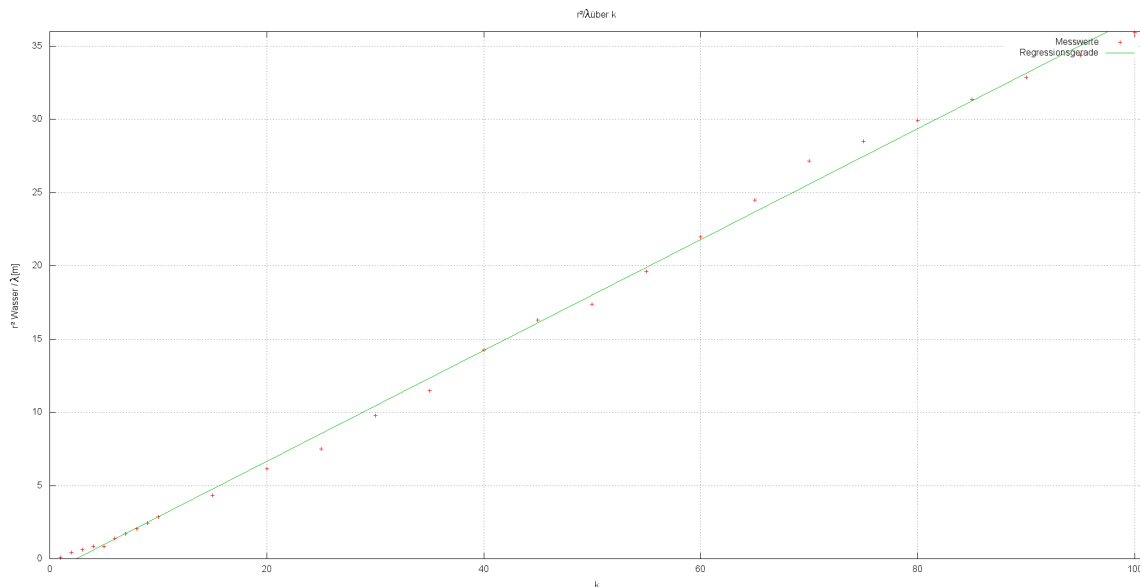
1 Newtonsche Ringe

1.1 Krümmungsradius R einer symmetrischen sphärischen Bikonvexlinse

Hier sollten wir anhand der Newtonschen Ringe den Krümmungsradius R einer symmetrischen sphärischen Bikonvexlinse bestimmen. Dazu haben wir unter einem Mikroskop eine Bikonvexlinse auf ein Objektträger gelegt und mit Draufflicht beleuchtet. Anschließend haben wir den Objektträger so verschoben, dass unser Fadenkreuz genau im Mittelpunkt der Kreise liegt. Dies war unser Ausgangspunkt. Nun haben wir den Objektträger bis zum nächsten Ring verschoben und den Abstand gemessen. Wir sollten den folgenden Zusammenhang prüfen:

$$r_{Luft} = \sqrt{k \cdot R \cdot \lambda}$$

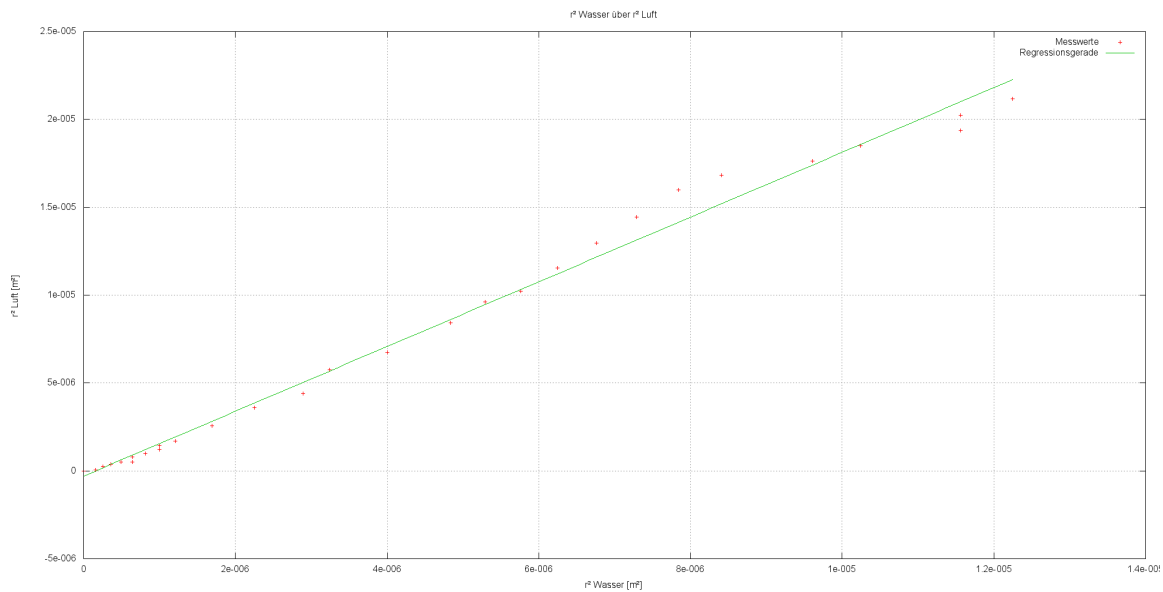
mit Ordnung k und Wellenlänge λ von der Natriumdampfampe. Dazu tragen wir $\frac{r_{Luft}^2}{\lambda}$ über k auf und sollten eine Gerade erhalten mit Steigung R .



Wir erhalten für $R = 0,379$ m mit einem statistischen Fehler von $\Delta R = \pm 0,004$ m.

1.2 Brechungsindex von Wasser

Hier haben wir mehrere Leitungwassertropfen auf den Objektträger getropft und anschließend die gleiche Linse wie im ersten Versuch benutzt. Wir bestimmen nun den Brechungsindex über folgendem Zusammenhang $n_{wasser} = \frac{r_L^2}{r_{wasser}^2} \cdot n_L$ wobei wir n_L gleich 1 setzen. Wir tragen r_{wasser}^2 über r_L^2 auf und erhalten als Steigung unseren Brechungsindex n_{wasser} .



Wir erhalten für $n_{wasser} = 1.841$ mit einem statistischen Fehler von $\Delta n_{wasser} = \pm 0,034$. Der theoretische Wert¹ von destilliertem Wasser liegt bei $n = 1,33$. Unser Wert weicht sehr stark ab. Dies könnte an der Abmessmethode liegen, da der Unterschied zwischen den Maxima und Minima sehr schwer zu deuten war, besonders bei höheren Ordnungen. Dadurch könnten Ablesefehler von ca. ± 3 Ordnungen entstanden sein. Wenn wir zum Beispiel nur die ersten 10 Messpaare betrachten, erhalten wir für $n_{wasser} = 1.255$ mit einem statistischen Fehler von $\Delta n_{wasser} = \pm 0,063$. Dies wäre ein deutlich besseres Ergebnis, obwohl der Literaturwert immernoch nicht in der betrachteten Messgenauigkeit liegt. Ein weiteres Abweichen könnte daran liegen, dass wir nicht destilliertes Wasser benutzt haben.

1.3 Autokollimation

Hier haben wir für die Linse aus der vorherigen Versuchen die Brennweite bestimmt. Dazu haben wir wie in der Vorbereitung beschrieben, die Linse in unserem Aufbau so verschoben, dass wir ein scharfes Bild erkennen konnten. Dies haben wir fünf mal wiederholt um eventuelle Fehler zu minimieren. Als Mittelwert haben wir für die Brennweite $f = 0,254$ m ermittelt.

Ebenso kann man ein scharfes Bild erkennen, wenn der Abstand Linse Spiegel der Brennweite entspricht. Dadurch liegt der Spiegel in der Brennebene und wirft dadurch die Strahlen genauso zurück, wie sie auf die Linse treffen.

1.4 Bestimmung des Brechungsindex der Linse

Um den Brechungsindex zu bestimmen, benutzen wir die hergeleitete Formel aus der Vorbereitung

$$R = 2(n - 1)f$$

$$n = \frac{R}{2f} + 1$$

¹Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Brechzahl>, 02.05.2010, 15:00 Uhr

und erhalten für $f = 0,254$ m und $R = 0,379$ m den Wert $n = 1,716$.

2 Beugung am Gitter

2.1 Justierung des Gitterspektrometers

Hier haben wir das Gitterspektrometer justiert. Die Scharfstellung auf Unendlich des Fernrohrs haben wir am gegenüberliegenden Gebäude vorgenommen. Wir haben das Fernrohr so justiert, dass wir auf der linken Seite 180° und auf der rechten 0° als Startwert haben. Dadurch konnten wir leichter die Messwerte aufnehmen. Da die Vorrichtung schon so präpariert wurde, dass die Gitterhalterung automatisch im 90° Winkel zum Spaltrohr steht, mussten wir dies nicht extra justieren.

2.2 Bestimmung der Gitterkonstante eines Gitters

Hier wollen wir die Gitterkonstante eines Gitters bestimmen. Dafür haben wir die Positionen der Maxima bestimmt. Durch unsere Vorüberlegungen haben wir festgestellt, dass wir jede Maxima wahrnehmen, und keine durch Minima der Einzelspalte überlagert wird. Wir benutzten folgenden Zusammenhang um die Gitterkonstante zu bestimmen:

$$g = \frac{n \cdot \lambda}{\sin \alpha_n}$$

mit der mittleren Wellenlänge λ der Natriumdampfampe und der Ordnung n des Maximums. Wir haben zwei Ordnungen vorhergesagt und auch gemessen. Da wir die Ordnungen nach rechts als auch nach links vom Hauptmaximum betrachtet haben, erhielten wir vier Messpunkte. Dadurch können wir die Winkel mitteln und die Gitterkonstante bestimmen.

Position in $^\circ$				
Ordnung	Links	Rechts	Mittelwert	Gitterkonstante g in μm
1	21,12	20,87	20,99	1,65
2	46,05	44,90	45,48	1,65

Wir erhalten für die Gitterkonstante $g = 1,65\mu\text{m}$. Außer den gelben Maxima haben wir noch grüne, blaue, violette und rote Spektrallinien gesehen. Dies deutet darauf hin, dass in der Natriumdampfampe noch weitere Stoffe zum Leuchten angeregt wurden.

2.3 Wellenlängenabstand der gelben Na-Linien

Hier sollten wir die Natriumdoppellinie auftrennen, um die Wellenlängendifferenz $\Delta\lambda$ zu bestimmen. Dazu haben wir die einzelnen Spektrallinien scharf eingestellt und die beiden Winkelpaare α_1 und α_2 bestimmt. Über den folgenden Zusammenhang erhalten wir die Wellenlängendifferenz:

$$\Delta\lambda = \frac{g}{n}(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)$$

Position in $^\circ$							
Ordnung	Links		Rechts		$\Delta\lambda$ in nm		
	Linke Linie	Rechte Linie	Linke Linie	Rechte Linie	Links	Rechts	Mittelwert
1	21,13	21,10	20,83	20,88	0,89	1,34	1,12
2	46,07	46,00	45,38	45,45	0,66	0,67	0,67

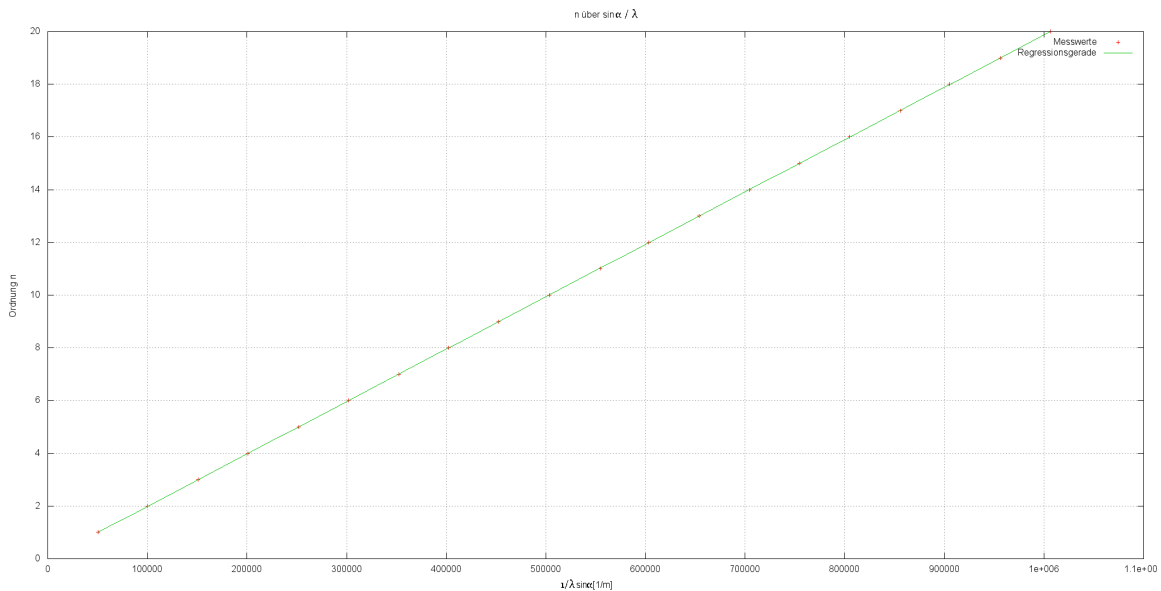
Wir ermitteln für die mittlere Wellenlängendifferenz $\Delta\lambda_1 = 1,12 \text{ nm}$ für die erste Ordnung und $\Delta\lambda_2 = 0,67 \text{ nm}$ für die zweite Ordnung. Der Literaturwert² liegt bei $\Delta\lambda = 0,6 \text{ nm}$. Wir erhalten mit dieser Methode einen relativ genauen Wert für eine sehr kleine Größe. Die Abweichung bei der ersten Ordnung könnte beim Ablesen entstanden sein. Dort waren die beiden Linien leicht überlagert und wir mussten abschätzen wo die eine beginnt und die andere endet.

2.4 Bestimmung der Gitterkonstante eines unbekanntes Gitters

Wir haben nun ein unbekanntes Gitter. Dies tun wir in unsere Gitterhalterung und beleuchten wir mit der Natriumdampfampe. Wir nehmen die Winkel zu den ersten 20 Ordnungen auf. Es gilt wieder folgender Zusammenhang:

$$g = \frac{n \cdot \lambda}{\sin \alpha_n}$$

Wir tragen dann n über $\frac{\sin \alpha_n}{\lambda}$ in einem Diagramm auf und erhalten als Steigung unsere Gitterkonstante g .



Wir erhalten für die Gitterkonstante $g = 1,987 \cdot 10^{-5} \text{ m} \pm 0,000 \cdot 10^{-5} \text{ m}$. Da die Standardabweichung verschwindend klein ist (0,011%), können wir davon ausgehen, dass diese Messvariante sehr genau ist.

2.5 Wellenlängenbestimmung der Zn-Spektrallampe

Hier haben wir den Aufbau von **Aufgabenteil 2.4** übernommen und die Natriumlampe durch die Zn-Spektrallampe ersetzt. Somit haben wir das Gitter mit der Gitterkonstanten $g = 19,87 \mu\text{m}$. Wir haben pro Farbe fünf Winkelstellungen zu deren Ordnungen aufgenommen. Über den Zusammenhang $\lambda = \frac{g \cdot \sin \alpha_n}{n}$ bestimmen wir nun die Wellenlängen.

²Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumdampfampe>, 03.05.2010, 14:30

Folgende Werte haben wir gemessen (nur in eine Richtung, Links herum):

		Winkel in °				
Farbe\Ordnung		1	2	3	4	5
Violett		1,37	3,72	4,03	5,42	6,75
Blau		1,38	3,75	4,12	5,45	6,82
Blaugrün		1,40	3,78	4,17	5,58	6,95
Rot		1,82	4,67	5,50	7,33	9,20

Nun haben wir daraus die Wellenlänge bestimmt:

		Wellenlänge λ in nm						
Farbe\Ordnung		1	2	3	4	5	Mittelwert	Standardabweichung
Violett		473,91	644,01	465,86	468,92	467,09	503,96	78,35
Blau		479,69	649,78	475,47	471,80	471,69	509,69	78,38
Blaugrün		485,47	655,55	481,24	483,30	480,87	517,28	77,31
Rot		629,91	808,30	634,82	634,06	635,37	668,49	78,18

Wie man sehen kann, sind die Wellenlängen für die 2. Ordnung recht hoch im Vergleich zu den anderen. Es könnte sein, dass uns beim Ablesen der 2. Ordnung ein Fehler unterlaufen ist und wir um 1° zu hoch liegen. Würden wir diese Korrektur vornehmen, würden unsere Werte besser passen und die Standardabweichung würde unter 5 nm liegen.