

Praktikum Klassische Physik Teil 2 (P2)

Interferenz

Simon Fromme, Philipp Laur

4. Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Newonsche Ringe	2
1.1	Krümmungsradius einer bikonvexen Linse	2
1.2	Brechungsindex von Wasser	3
1.3	Brennweite der Linse mittels Autokollimation	4
1.4	Brechungsindex n_{Glas} des Linsenglases	4
2	Beugung am Gitter	4
2.1	Justierung des Gitterspektrometers	4
2.2	Bestimmung der Gitterkonstante eines Gitters	5
2.3	Wellenlängenabstand der gelben Na-Linien	6
2.4	Gitterkonstante eines zweiten Gitters.	6
2.5	Wellenlängen der Zn-Spektrallampe	7

1 Newonsche Ringe

1.1 Krümmungsradius einer bikonvexen Linse

Um den Krümmungsradius zu bestimmen wurde der Aufbau der Vorbereitung gewählt. Mithilfe eines Fadenkreuzes, dass in dem Okular des Mikroskopes war konnten die Radien der einzelnen Minima bestimmt werden. Hierzu wurde die Linse mit dem beweglichen Objektisch von Minima zu Minima bewegt. Um einen verlässlichen Wert für den Radius zu erhalten (Fehler der Nullmessung), wird dies auf beiden Seiten gemacht. Aus der Vorbereitung ist folgender linearer Zusammenhang bekannt:

$$r_K^2 = \frac{R}{n_L} \cdot k \cdot \lambda$$

Für den weiteren Verlauf wird $n_L = 1$ angenommen.

Gemessen wurde die gelbe und rote LED, hieraus wurde Abb.1 (OriginPro 8.6G) erstellt. Die Steigung der Ausgleichsgeraden (hier: Werte für gelbe LED im weiteren Verlauf

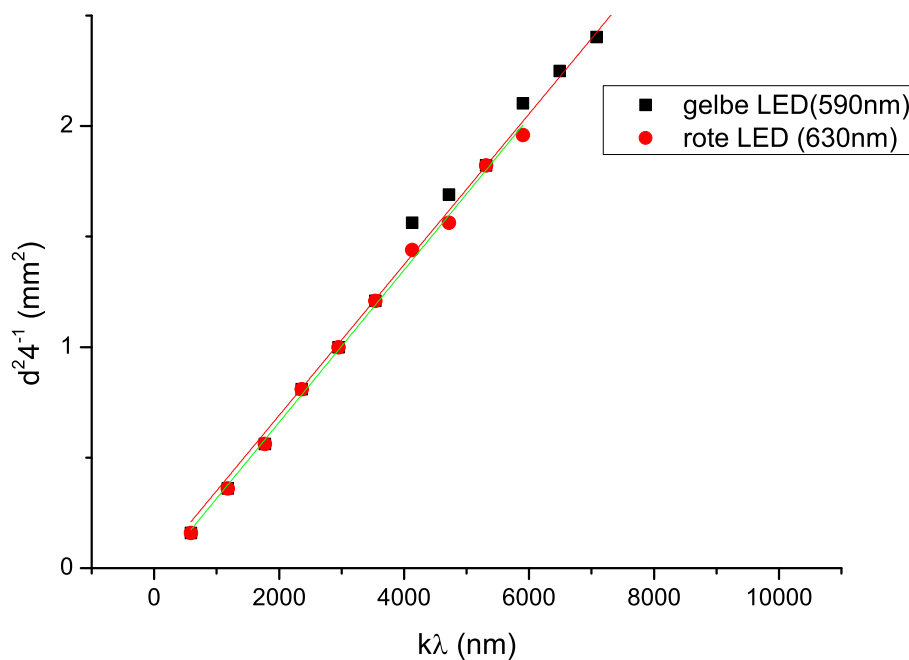


Abbildung 1: Radien der Newtonschen Ringe für gelbes und rotes Licht

verwendet) ist unser gesuchter Krümmungsradius $R = 34,096 \text{ cm}$ (für die rote LED: $R_{rot} = 34,445 \text{ cm}$). Der statistische Fehler wurde mit Origin ermittelt, $\sigma_{R,stat} = 0,007 \text{ cm}$. Der Fehler für die Messung des Radius wurde mit $\sigma_{r_K,sys} = \pm 0,05 \text{ mm}$ angenommen. Der

Endwert entspricht dem Mittelwert der einzelnen Wertepaare.

$$\begin{aligned}
 \Delta R &= \left| \frac{\partial R}{\partial r_K} \right| \cdot \sigma_{r_K,sys} \\
 &= \frac{2r_K}{k\lambda} \cdot \sigma_{r_K,sys} \\
 &= 1,552 \text{ cm} \\
 \Rightarrow R &= (34,096 \pm 0,007 \pm 1,552) \text{ cm}
 \end{aligned}$$

1.2 Brechungsindex von Wasser

Nun wurden die Radien gemessen, während Wasser zwischen Linse und Objektträger war. Dies erhöht die Laufzeit zwischen diesen, wodurch es zu charakteristischen Werten kommt. Da der Krümmungsradius in Aufgabe 1.1 bestimmt wurde kann nun auf den Brechungsindex von Wasser geschlossen werden. Dies entspricht einer Auftragung von $r_{K,Luft}^2$ über $r_{K,Wasser}^2$, was in Abb. 2 gemacht wurde. Der Wert der Steigung ist unsere

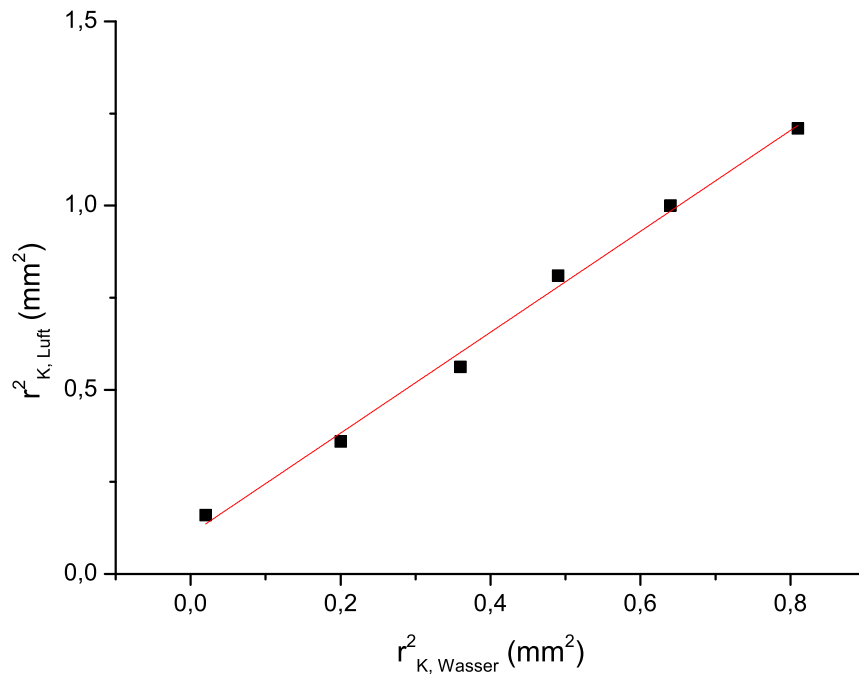


Abbildung 2: Radien der Newtonschen Ringe ohne über mit Wasser (gelbes Licht) gesuchte Brechzahl:

$$n_{Wasser} = 1,370 \pm 0,048$$

Der Literaturwert liegt im Vertrauensbereich.

1.3 Brennweite der Linse mittels Autokollimation

Die Linse wurde so lange verschoben, bis der Gegenstand wieder scharf und spiegelverkehrt auf sich selbst abgebildet wird. Zu beachten gibt es, dass aufgrund der Reflexion Luft-Glas ein weiteres scharfes Bild vorhanden ist. Dieses darf aber nicht zur Bestimmung der Brennweite benutzt werden.

Im Gegensatz zur Vorbereitung muss der gemessene Wert halbiert werden, dies folgt aus der Linsengleichung. Aus den Messwerten ergibt sich der Mittelwert, sowie die Standardabweichung. Der systematische Fehler ergibt sich aus den Ablesefehlern, die wir mit insgesamt $\pm 0,6\text{cm}$ angenommen haben. Hieraus ergibt sich für die Brennweite f der Linse:

$$f = (14,77 \pm 0,02 \pm 0,60)\text{cm}$$

Der Wert liegt im Bereich der Angabe, die Linsen zwischen 5 und 35cm Brennweite vorhanden waren.

1.4 Brechungsindex n_{Glas} des Linsenglases

Für die bikonvexe Linse ergibt sich der Brechungsindex aus der Beziehung aus der Vorbereitung:

$$\begin{aligned} n_{Glas} &= \left(\frac{R}{2f} + 1 \right) \\ &= 2,155 \end{aligned}$$

Es könnte sich zum Beispiel um Zirkondioxid handeln.

Zur Bestimmung des statistischen Fehlers muss aufgrund der Korrelation mit R und f Gauß'sche Fehlerfortpflanzung angewandt werden:

$$\begin{aligned} \sigma_n &= \sqrt{\left(\frac{1}{2f} \right)^2 \sigma_R^2 + \left(\frac{R}{2f^2} \right)^2 \sigma_f^2} \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

Der systematische Fehler ergibt sich durch Größtfehlerabschätzung aus den beiden Größen zu:

$$\begin{aligned} \Delta n &= \left| \frac{1}{2f} \right| \cdot \Delta R + \left| \frac{R}{2f^2} \right| \cdot \Delta f \\ &= 0,076 \\ \Rightarrow n_{Glas} &= 2,155 \pm 0,001 \pm 0,076 \end{aligned}$$

2 Beugung am Gitter

2.1 Justierung des Gitterspektrometers

Alle Vorgaben zur Justierung und Scharfstellung des Gitterspektrometers werden der Aufgabenstellung entsprechend durchgeführt. Beachtenswert ist, dass die Scharfstellung

durch Philipp Laur (normalsichtig), einige Ablesungen jedoch von Simon Fromme (leicht kurzsichtig) durchgeführt wurden.

2.2 Bestimmung der Gitterkonstante eines Gitters

In dieser Aufgabenstellung kam eine Natrium-Dampfampe zum Einsatz, deren mittlere Wellenlänge $\lambda = 589,3 \text{ nm}$ bekannt ist.

Im Versuch wurde die Winkel für die Maxima erster und zweiter Ordnung bestimmt, und jeweils die Winkeldifferenz $\Delta\alpha = \alpha_1 + (360^\circ - \alpha_2)$ berechnet. Aus der Beziehung

$$\lambda = \frac{N \cdot g}{\sin\left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right)}$$

ergibt sich die Gitterkonstante zu

$$g = \frac{N \cdot \lambda}{\sin\left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right)}$$

Damit ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 1				
N	α_1 in $^\circ$	α_2 in $^\circ$	$\Delta\alpha$ in $^\circ$	g in nm
1	21,083	339,083	42,000	1644,399
2	45,667	314,300	45,683	1647,264

Mittelt man über diese beiden Werte, so ergibt sich

$$g = 1645,832 \text{ nm}$$

Mit einer abgeschätzten Messunsicherheit beim Ablesen von α_1 und α_2 von $\Delta\alpha_1 = \Delta\alpha_2 = 4 = 0,066^\circ$ ergibt sich für den systematischen Fehler

$$\begin{aligned} \Delta g_1 &= \left| \frac{\partial g_1}{\partial \alpha_1} \right| \Delta \alpha_1 + \left| \frac{\partial g_1}{\partial \alpha_2} \right| \Delta \alpha_2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot N \lambda \cdot \frac{\cos\left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right)}{\sin^2\left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right)} (\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2) \end{aligned}$$

Damit ergibt sich $\Delta g_1 = 2,22 \text{ nm}$ und $\Delta g_2 = 3,19 \text{ nm}$. Und damit der gesamte systematische Fehler zu:

$$\Delta g = 2,70 \text{ nm}$$

Also

$$g = (1645,83 \pm 2,70) \text{ nm}$$

Die errechnete Gitterkonstante entspricht einer Liniendichte von $d = 607,6 \text{ nm}^{-1}$, was dem angegebenen Wert von $d \approx 600 \text{ nm}^{-1}$ sehr nahe kommt.

2.3 Wellenlängenabstand der gelben Na-Linien

Im Versuch konnte die Na-Doppellinie nur in der 2. Ordnung in zwei Linien unterschieden werden. Dort wurden bei einer Messung nach links und rechts jeweils folgende Unterschiede beobachtet:

Tabelle 2: Messergebnisse: Abstand Na-Doppellinie

Messung nach	$\Delta\alpha$ in $^\circ$
links	0,100
rechts	0,067

2.4 Gitterkonstante eines zweiten Gitters.

Mit Hilfe der vorliegenden Gitters können auch Maxima höherer Ordnung bestimmt gemessen werden. In unserem Fall konnten diese bis zur Ordnung $N = 7$ abgelesen werden. Zur Bestimmung der Gitterkonstante eines zweiten Gitters verwendet man wie in der Vorbereitung gezeigt die Beziehung für Maxima

$$N = g \frac{\sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)}{\lambda}.$$

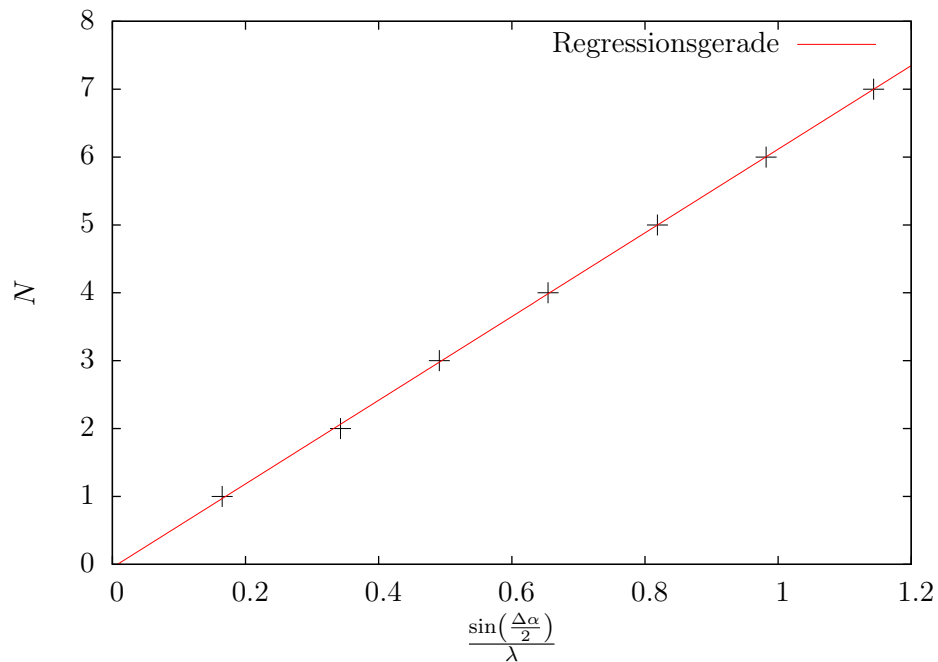
Trägt man nun die Ordnung N über $\sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$ auf, so ergibt sich die Gitterkonstante g als Steigung der Regressionsgerade.

Man erhält mit $\lambda = 589,3 \text{ nm}$ und den Fehlerangaben von Gnuplot

$$g = (6,16306 \pm 0,0396) \mu\text{m}.$$

Dies entspricht genau einer Strichstärke von $d = 162,2 \text{ nm}^{-1}$

Abbildung 3: Regression zur Bestimmung der Gitterkonstante



2.5 Wellenlängen der Zn-Spektrallampe

Im letzten Versuchsteile werden die Wellenlängen des Spektrums einer Zn-Spektrallampe gemessen. Hierbei werden nur deutlich erkennbare Maxima abgelesen, da Schwächere durch Verunreinigung des verwendeten Gases ebenfalls mit auftreten.

Mit der Beziehung

$$\lambda = \frac{g}{N} \cdot \sin\left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right)$$

wobei $\Delta\alpha$ der Winkelunterschied zwischen rechter und linker Messung ist, ergeben sich nach Mittlung über beide Ordnungen folgende Wellenlängen

Tabelle 3: Farben des Zn-Spektrums

Farbe	λ in nm
dunkelblau	471,646
blau	475,326
türkis	484,513
grün	512,343
rot	641,639