

Versuch O6 624506

Date: 2023-06-08

Tags: O6

Created by: Thekla Mühlpfordt

Versuchsprotokoll O6 Newtonsche Ringe

Zuerst tragen Sie ganz oben in der "Title" Zeile hinter "Versuch O6" ihre Matrikelnummern ein.

Ab hier befüllen Sie bitte alle blau markierten Textfelder/Lücken, die Tabellen und ersetzen Sie die Platzhalter Grafiken entsprechend.

Person	Matrikelnummer
Thekla Mühlpfordt	624506
Jamil Maurice Bukim Fulge	624365

0. Rohdaten und Auswertung

0.1 Bestimmung des Linsenradius R

Hg-Lampe mit grünem Farbfilter. Beachten Sie in welcher Reihenfolgen die Ringe gemessen werden und in die Tabelle eingetragen werden sollten.

Unsicherheit der Positionsbestimmung: $u_{PL} = u_{PR} = 0,05\text{mm}$

Tab.1: Messwerte und Berechnungen bei Verwendung der Hg-Lampe mit grünem Spektralfilter

k	$P_{L,k}$ (mm)	$P_{R,k}$ (mm)	r_k (mm)	u_{rk} (mm)	$y = r_k^2$ (mm ²)	u_y (mm ²)
1	21,31	19,37	0,97	0,0354	0,9409	0,0686
2	21,90	18,87	1,52	0,0354	2,2952	0,1071
3	22,02	18,46	1,78	0,0354	3,1684	0,1259
4	22,13	18,37	1,88	0,0354	3,5438	0,1331
5	22,23	18,26	1,99	0,0354	3,9402	0,1404
6	22,32	19,16	1,58	0,0354	2,4964	0,1117
7	22,41	18,07	2,17	0,0354	4,7089	0,1534
8	22,50	18,00	2,25	0,0354	5,0625	0,1591
9	22,58	17,91	2,34	0,0354	5,4639	0,1653
10	22,65	17,83	2,41	0,0354	5,8081	0,1704
11	22,73	17,77	2,48	0,0354	6,1504	0,1754
12	22,80	17,70	2,55	0,0354	6,5153	0,1805
13	22,86	17,63	2,62	0,0354	6,8382	0,1849
14	22,93	17,52	2,71	0,0354	7,3170	0,1913
15	23,04	17,48	2,78	0,0354	7,7284	0,1966

0.2 Bestimmung der Wellenlänge der blauen Quecksilber-Spektrallinie

Unsicherheit der Positionsbestimmung: $u_{pL} = u_{pr} = 0,05$ mm

Tab.2: Messwerte und Berechnungen bei Verwendung der Hg-Lampe mit blauem Spektralfilter

k	$P_{L,k}$ (mm)	$P_{R,k}$ (mm)	r_k (mm)	u_{rk} (mm)	$y = r_k^2$ (mm ²)	u_y (mm ²)
3	21,42	19,27	1,0750	0,0354	1,1556	0,0760
8	22	18,64	1,6800	0,0354	2,8224	0,1188
9	22,06	18,56	1,7500	0,0354	3,0625	0,1237
10	22,15	18,48	1,8350	0,0354	3,3672	0,1298
11	22,24	18,4	1,9200	0,0354	3,6864	0,1358
12	22,33	18,31	2,0100	0,0354	4,0401	0,1421
13	22,37	18,25	2,0600	0,0354	4,2436	0,1457
14	22,43	18,17	2,1300	0,0354	4,5369	0,1506
15	22,51	18,09	2,2100	0,0354	4,8841	0,1563
16	22,56	18,04	2,2600	0,0354	5,1076	0,1598
17	22,63	17,96	2,3350	0,0354	5,4522	0,1651
18	22,72	17,91	2,4050	0,0354	5,7840	0,1701
19	22,84	17,84	2,5000	0,0354	6,2500	0,1768

0.3 Bestimmung der Wellenlänge der gelben Natrium-Spektrallinie

Unsicherheit der Positionsbestimmung: $u_{PL} = u_{Pr} = 0,05$ mm

Tab.3: Messwerte und Berechnungen bei Verwendung der Na-Lampe mit gelbem Spektralfilter

k	$P_{L,k}$ (mm)	$P_{R,k}$ (mm)	r_k (mm)	u_{rk} (mm)	$y = r_k^2$ (mm ²)	u_y (mm ²)
2	21,34	19,42	0,9600	0,0354	0,9216	0,0679
3	21,54	19,19	1,1750	0,0354	1,3806	0,0831
4	21,68	19,01	1,3350	0,0354	1,7822	0,0944
5	21,82	18,87	1,4750	0,0354	2,1756	0,1043
6	21,95	18,73	1,6100	0,0354	2,5921	0,1138
7	22,06	18,62	1,7200	0,0354	2,9584	0,1216
8	22,17	18,5	1,8350	0,0354	3,3672	0,1298
9	22,29	18,39	1,9500	0,0354	3,8025	0,1379
10	22,4	18,3	2,0500	0,0354	4,2025	0,1450
11	22,49	18,2	2,1450	0,0354	4,6010	0,1517
12	22,56	18,11	2,2250	0,0354	4,9506	0,1573
13	22,71	18,02	2,3450	0,0354	5,4990	0,1658
14	22,76	17,93	2,4150	0,0354	5,8322	0,1708
15	22,9	17,77	2,5650	0,0354	6,5792	0,1814

Auswertung

1. Abstract

Im Rahmen dieses Versuchs wurden die Newtonschen Ringe und ihre Beziehung zu den Welleneigenschaften des Lichts untersucht.

Die Untersuchung wurde durch die Vermessung und Auswertung der Newtonschen Ringe bei verschiedenen Spektrallampen durchgeführt. Dabei wurden die Quadrate der Ringradien in Abhängigkeit von der Ringzahl aufgetragen.

Als Ergebnis konnten die Literaturwerte im Rahmen der Unsicherheit reproduziert werden. Zudem wurde festgestellt, dass die beobachteten Newtonschen Ringe auf Interferenzeffekte zurückzuführen sind. Durch dieses Experiment konnten wichtige Erkenntnisse über die Welleneigenschaften des Lichts gewonnen werden. Es wurde gezeigt, dass mit vergleichsweise einfachen Mitteln die Bestimmung von Wellenlängen möglich ist und dass Interferenzphänomene eine Rolle bei den Newtonschen Ringen spielen. Diese Erkenntnisse tragen zu einem besseren Verständnis der Wellenoptik bei.

2. Theorie

Licht hat Wellen - und Teilcheneigenschaften, was mit Welle- Teilchen-Dualismus bezeichnet wird.

Unter monochromatischem Licht versteht man Licht gleicher Wellenlänge.

In diesem Versuch wird dies erzeugt durch Quecksilber- / bzw. Natriumspektrallampen mit vorgeschaltetem Spektralfilter.

Hierbei wird das diskrete Energiespektrum von Natrium- bzw. Quecksilberatomen zur Emission entsprechend

$$W_{\text{Photon}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad \text{Gl.(1)}$$

genutzt um monochromatisches Licht zu emittieren. In einer Spektrallampe werden die Atome energetisch durch von Wechselstrom erzeugte Stöße mit Elektronen angeregt; die darauffolgende Abregung geschieht unter Emission eines Photons der in Gl. 1 beschriebenen Energie

Eine Welle ist mathematisch beschreibbar durch

$$y(\vec{r}, t) = y_0 \cdot e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t + \varphi)} \quad \text{Gl.(2)}$$

wobei \vec{r} den Ort, t die Zeit, k der Wellenvektor (bzw. Wellenzahl), ω die Kreisfrequenz und φ die Phasendifferenz ist.

Mittels φ kann ein Gangunterschied zwischen zwei kohärenter Wellenpaketen eingestellt werden.

Abbildung 1 zeigt den Strahlenverlauf

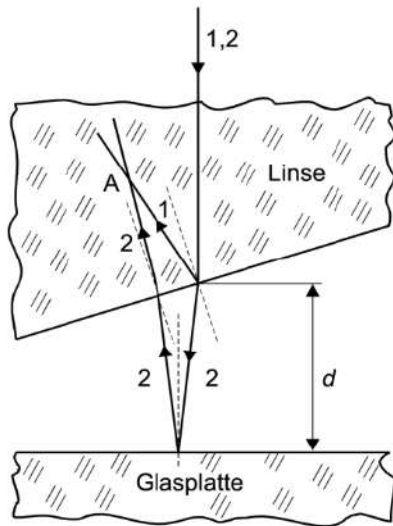


Abb.1: Strahlenverlauf an der Linse und nach Reflexion an der Glasplatte (Quelle: Versuchsanleitung)

aus dem sich eine Phasenverschiebung von

$$\varphi = 2\pi \cdot \frac{2d}{\lambda} + \pi \quad \text{Gl.(3)}$$

ableiten lässt. Hierbei ist d der Abstand zwischen der Linse und der Glasplatte an der betrachteten Stelle und λ ist die Wellenlänge des Lichtes. Der Phasensprung von π ergibt sich aus der Reflexion am optisch dichteren Medium (hier: Glasplatte).

Bei Betrachtung des Systems von oben ergeben sich ringförmig Interferenzeffekte.

Mit der Näherung $d \ll R$ ergibt sich hieraus der Radius r_k des k -ten ringförmigen Minimums

$$r_k = \sqrt{R \cdot \lambda \cdot k} \quad \text{Gl.(4)}$$

wobei R der Radius der Linse und λ die Wellenlänge des Lichts ist.

2. Versuchsaufbau

Ausgehend von Gl.(4) wurden in diesem Versuch mittel des in Abb. 2 dargestellten Versuchsaufbaus die Radien r_k experimentell bestimmt.

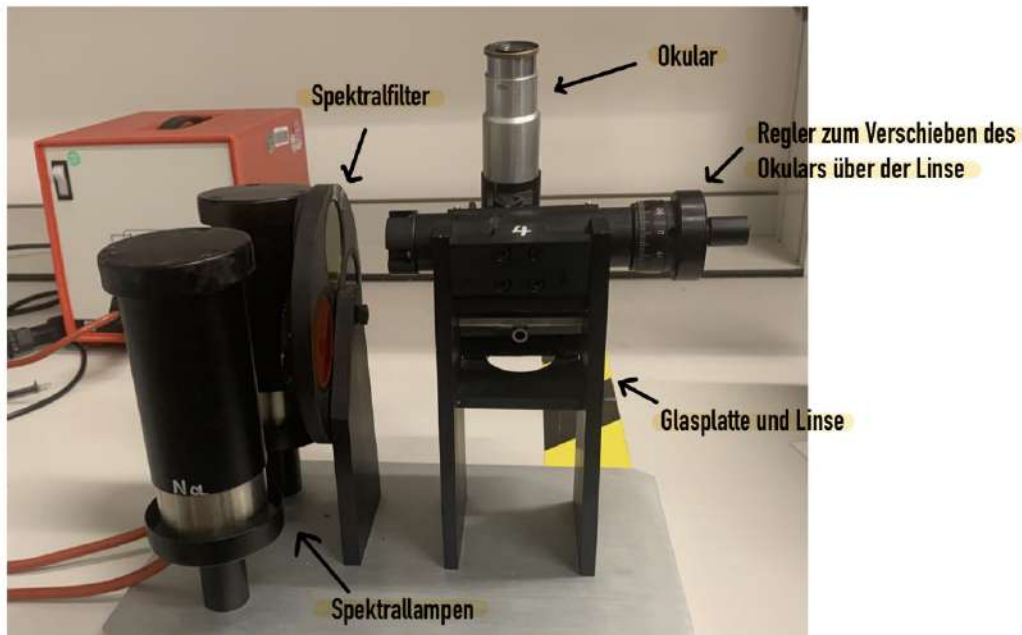


Abb.2: Versuchsaufbau zum Beobachten und Vermessen der Newtonschen Ringe

Mit einer Messunsicherheit von jeweils 0,05 mm wurden die Positionen $P_{L,k}$ und $P_{R,k}$ mittels des Fadenkreuzes im Mikroskop gemessen.

3. Auswertung

Aus den Positionen $P_{L,k}$ und $P_{R,k}$ ergeben sich mit

$$r_k = P_{L,k} - P_{R,k} \quad \text{Gl.(5)}$$

die Radien r_k der ringförmigen Minima, die in Tab. (1) bis (3) aufgeführt sind.

Quadrieren von Gl. (4) ergibt eine theoretisch vorhergesagte lineare Abhängigkeit

$$r_k^2 = R \cdot \lambda \cdot k \quad \text{Gl.(6)}$$

Entsprechend werden die r_k -Messergebnisse quadriert; das Ergebnis ist Tab. (1) bis (3) zu entnehmen.

3.1. Bestimmung des Linsenradius R

Abbildung 3 zeigt die r_k^2 -Messergebnisse (inklusive der Residuen) in Abhängigkeit von k der Spektrallinie der Hg-Lampe mit grünem Spektralfilter.

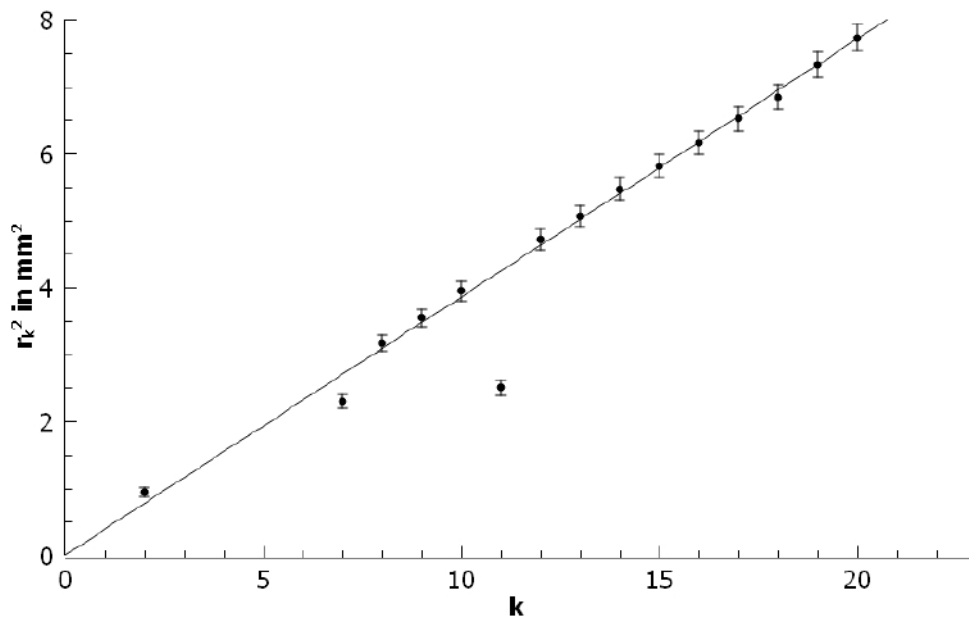


Abb.3: Auftragung der Quadrate der Radien der Ringe mit eingezeichneter Ursprungsgerade $r_k^2 = 0,386 \cdot k$. Ein Messpunkt bei $k=11$ wurde nicht berücksichtigt

Das Auftragen der Punkte ergibt eine Ursprungsgerade von $r_k^2 = 0,3856 \pm 0,0026 \text{ mm}^2 \cdot k$. Bei der Auswertung wurde der Messpunkt bei $k=11$ nicht berücksichtigt. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass es sich hier um eine große Abweichung von den anderen Werten handelt, der mit einem Fehler in der Messung erklärt werden kann.

Das Bestimmen des Linsenradius R erfolgt durch Umstellen von Gleichung 6 und einsetzen der bekannten bzw. ermittelten Größen. Es ergibt sich:

$$R = \frac{r_k^2}{k} \cdot \frac{1}{\lambda_{Hg}} = 0,3856 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1}{546,074 \cdot 10^{-6} \text{ mm}} = 706,1314034 \text{ mm}$$

Der Fehler von R ergibt sich nach Gauß als $\Delta R = \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda} \cdot \Delta \frac{r_k^2}{k}\right)^2 + \left(\frac{-\frac{r_k^2}{k}}{\lambda^2} \cdot \Delta \lambda\right)^2} = 48,08 \text{ mm}$

Damit ergibt sich ein Ergebnis von $R = (706,13 \pm 48,08) \text{ mm} \approx (7,01 \pm 0,48) \text{ cm}$

Es liegt eine recht große Messunsicherheit vor, dies liegt daran, dass der Fehler der Positionsbestimmung mit $u_{PL} = u_{PR} = 0,05 \text{ mm}$ großzügig angeschätzt wurde. Für den Linsenradius lag kein Literaturwert vor, der Vergleich mit den Ergebnissen von Kommiliton*innen, die den Versuch an anderen Terminen durchgeführt haben, ergab aber einen Erwartungswert von $R \approx 581 \text{ mm}$. Dieser Wert wird auch im Rahmen der Messunsicherheit nicht erreicht. Gründe dafür können in systematischen Messmehlern und der Qualität der Linse liegen.

3.2. Bestimmung von λ der blauen Spektrallinie von Quecksilber

Abbildung 4 zeigt die r_k^2 -Messergebnisse (inklusive der Residuen) in Abhängigkeit von k der blauen Spektrallinie.

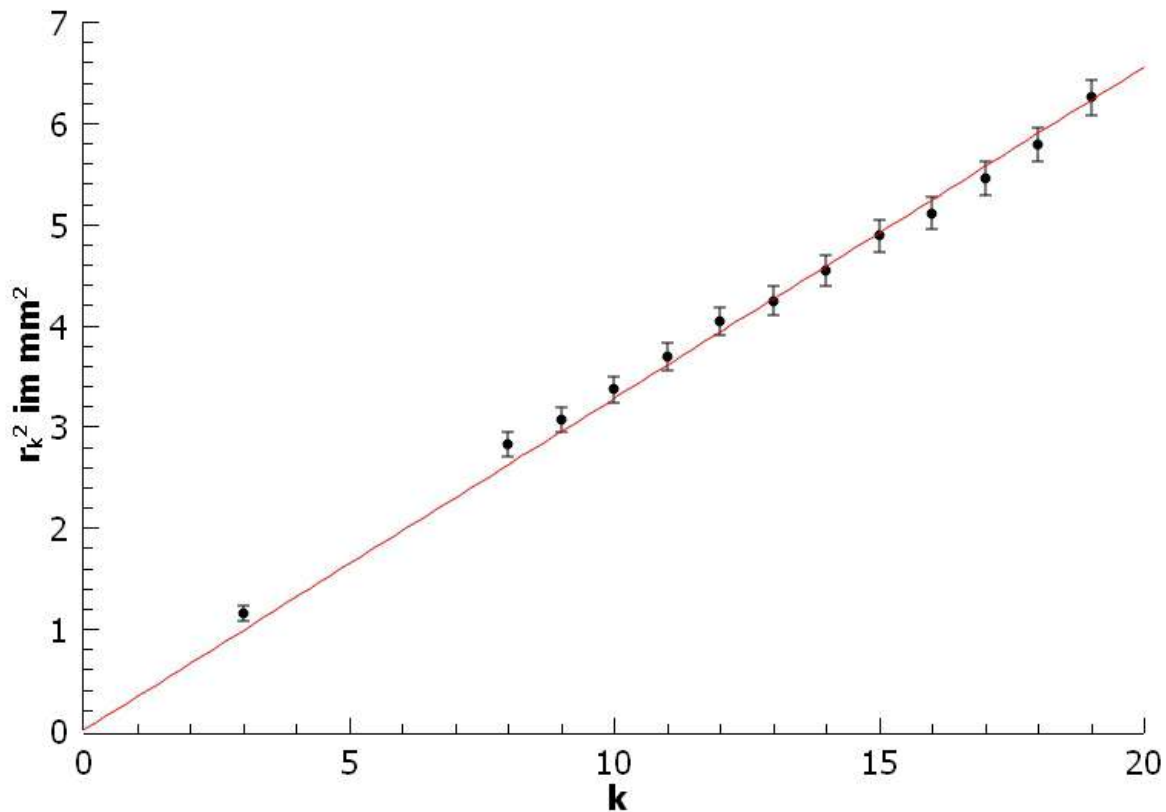


Abb.4: Auftragung der Quadrate der Radien der Ringe mit eingezeichneter Ursprungsgerade
 $r_k^2 = 0,327 \cdot k$

Aus dem Diagramm ergibt sich eine Ausgleichsgerade von $r_k^2 = (0,3273 \pm 0,0024) \text{ mm}^2 \cdot k$

Das Bestimmen der Wellenlänge erfolgt über Umstellen der Gleichung 6 und Einsetzen der Bekannten Größen. Es ergibt sich:

$$\lambda_{HG, \text{blau}} = \frac{r_k^2}{k} \cdot \frac{1}{R} = 0,3273 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1}{706,13 \text{ mm}} = 463,512 \text{ nm}$$

Der Fehler ergibt sich nach Gauß als

$$\Delta\lambda = \sqrt{\left(\frac{1}{R} \cdot \Delta \frac{r^2}{k}\right)^2 + \left(\frac{-\frac{r^2}{k}}{R^2} \cdot \Delta R\right)^2} = 31,743nm$$

Als Ergebnis erhält man also $\lambda_{Hg,blau} = (463,5 \pm 31,7)nm$

Der Literaturwert für die blaue Spektrallinie von Quecksilber ist $\lambda_{theo} = 435,83nm$. Im Rahmen der Messunsicherheit wird dieses Ergebnis noch erreicht. Damit wurde der Literaturwert reproduziert.

Die große Abweichung (der Literaturwert liegt am Rande des Vertrauensintervalls) lässt sich durch systematische Fehler beim Bestimmen der Ringradien erklären. Gerade die blauen Newton-Ringe waren schwer zu erkennen. Weiter sind die verwendeten Linsen nicht mehr perfekt, sondern weisen Dellen auf und sind nicht völlig sauber. Auch dies erklärt Abweichungen.

Mit einer prozentualen Messunsicherheit von 6,7% wurde trotzdem eine zufriedenstellende Genauigkeit erreicht.

3.3. Bestimmung von λ der beobachteten Natrium-Spektrallinie

Abbildung 5 zeigt die r_k^2 -Messergebnisse (inklusive der Residuen) in Abhängigkeit von k der gelben Natrium-Spektrallinie.

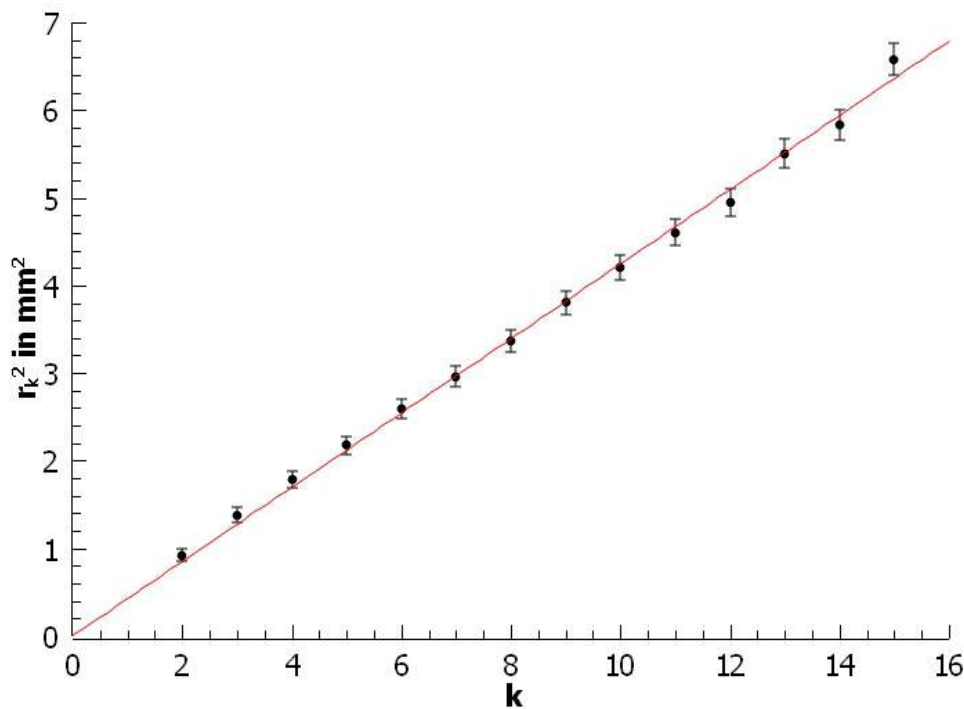


Abb.5: Auftragung der Quadrate der Radien der Ringe mit eingezeichneter Ursprungsgerade
 $r_k^2 = 0,424 \cdot k$

Aus dem Diagramm ergibt sich eine Ausgleichsgerade von $r_k^2 = (0,4240 \pm 0,0027)mm^2 \cdot k$

Das Bestimmen der Wellenlänge erfolgt über Umstellen der Gleichung 6 und Einsetzen der Bekannten Größen. Es ergibt sich:

$$\lambda_{Na,gelb} = \frac{r^2}{k} \cdot \frac{1}{R} = 0,4240mm^2 \cdot \frac{1}{706,13mm} = 600,456nm$$

Der Fehler ergibt sich nach Gauß als

$$\Delta\lambda = \sqrt{\left(\frac{1}{R} \cdot \Delta \frac{r^2}{k}\right)^2 + \left(\frac{-\frac{r^2}{k}}{R^2} \cdot \Delta R\right)^2} = 41,063nm$$

Als Ergebnis erhält man also $\lambda_{Na,gelb} = (600,46 \pm 41,6)nm$

Die gelbe Spektrallinie von Natrium besteht eigentlich aus zwei Spektrallinien mit leicht unterschiedlichen Wellenlängen. Da nicht bekannt ist, welche Linie betrachtet wurde, oder ob beide Linien in das Ergebnis hineinwirken, wird zum Vergleich mit der Literatur der Mittelwert der beiden Werte gebildet. Der Literaturwert für die gelbe Spektrallinie von Natrium ergibt sich damit zu $\lambda_{theo} = 589,29nm$. Im Rahmen der Messunsicherheit wird dieses Ergebnis (und auch beide Einzelwerte) erreicht. Damit wurde der Literaturwert reproduziert.

Die Abweichung zum Literaturwert lässt sich auch hier durch systematische Fehler beim Messen und

den Zustand der Linse erklären. Deutlich wird aber, dass das Ergebnis genauer ist, als bei der Betrachtung der blauen Quecksilber-Spektrallinien.

Aufgrund der hohen Abschätzungen für die Fehler ergibt sich trotzdem eine prozentuale Messunsicherheit, die mit 6,9% etwas größer ist, als bei Quecksilber.

4. Fazit

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

Die Bestimmung der Newton-Ringe ist eine relativ einfache Möglichkeit, sowohl die Welleneigenschaften des Lichts (durch Auftreten von Interferenz) zu zeigen, als auch um die Wellenlänge des verwendeten monochromatischen Lichts zu bestimmen. Im Rahmen der Messunsicherheit konnten die Literaturwerte verschiedener Spektrallinien mit noch zufriedenstellender Genauigkeit nachgewiesen werden.

5. Ausblick

Der vorliegende Versuchsaufbau kann etwas abgewandelt werden, um weitere Beobachtungen durchzuführen.

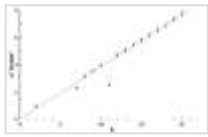
Zum einen können Newtonsche Ringe auch in Transmission beobachtet werden, dafür muss der Versuchsaufbau angepasst werden. Die Ergebnisse des Versuchs sollten mit den hier vorliegenden übereinstimmen. Einzige Abweichung besteht darin, dass die Interferenzmuster umgekehrt auftreten (d.h. wo in Reflexion konstruktive Interferenz auftritt, tritt in Transmission destruktive Interferenz auf).

Wird weißes Licht verwendet, wird das Licht in seine verschiedenen Bestandteile aufgespalten. Es entstehen verschiedenfarbige Newton-Ringe, wobei kurzwelliges Licht (blau) stärker gebrochen wird als langwelliges (rot).

Attached files

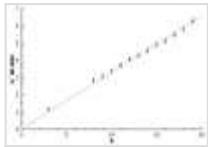
unknown.png

sha256: d86eefe6c08ebcd16137f477d1d45afe4b0d0176e49092a75163199a2ca5d654



unknown.png

sha256: 81d07520b9b4c42fd7b91f58cb0c3cb303276bbed2ad7ca4ac65ddc4ba946883



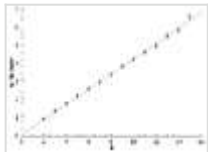
unknown.png

sha256: 15aa36d111fb911b5755620e455cb5bca420f6adaffca551ad83e89180bb8e4c



unknown.png

sha256: 54136772ffff2d11c26f68f2bb7f8a98814587c42b5ad3006a09172f75e954db



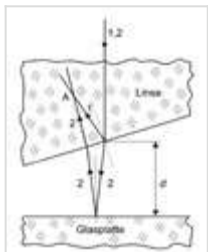
grafik.png

sha256: 5746cf3ffaff7bd18db7cd5e000aeb9aa37f4d2f3beb35d085da8178e8b9de14



unknown.png

sha256: 468532b3960cad723147a23d31069e9dacbd3160fbdae9463c9d68a7e7326935





Unique eLabID: 20230608-67fdb962e5ba03978ffcab38cf9dbb79ce274961
Link: <https://elabftw.physik.hu-berlin.de/experiments.php?mode=view&id=1656>