

Physikalisches Anfängerpraktikum

Universität Augsburg
Wintersemester 2025/26

Versuch: O3 Newtonsche Ringe

Gruppe: G 04
Versuchsdatum: 22.10.2025
Abgabedatum: 02.11.2025



Gemeinsames Versuchsprotokoll

Ferdinand Frey
Tom Glaser



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 1 | Einleitung | 3 |
| 2 | Theoretische Grundlagen | 4 |
| 2.1 | Elektromagnetische Wellen | 4 |
| 2.2 | Interferenz | 4 |
| 2.3 | Newtonsches Farbglas | 4 |
| 3 | Versuchsbeschreibung | 6 |
| 3.1 | Versuchsaufbau | 6 |
| 3.2 | Versuchsdurchführung | 6 |
| 4 | Auswertung | 7 |
| 4.1 | Teil 1 | 7 |
| 4.2 | Teil 2 | 8 |
| 5 | Anhang | 11 |
| 6 | Literaturverzeichnis | 12 |

1 Einleitung

Elektromagnetische-Wellen sind dauerhaft in unserem Leben zu finden, somit auch ihre Wechselwirkungen zueinander. Eine dieser Wechselwirkungen ist die Interferenz, die eine wichtige Rolle in Allerart von Technologie hat, die mit Wellen arbeiten. So ist die Interferenz bei dem Doppelspaltexperiment erst dafür verantwortlich das Licht als Welle charakterisiert kann. Der zu betrachtende Versuche ist in der Optik einzuordnen, die Wellenlängen die hierbei bestimmt werden sind extrem wichtig für zum Beispiel für Sensortechnologie.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Elektromagnetische Wellen

Ausgehend von der Wellennatur des lässt sich eine Lichtwelle an Punkt P durch ihre elektrische Feldstärke beschreiben. Diese beträgt:

$$\vec{E} = \vec{A} \cos(\omega * t - \vec{k}\vec{x} - \delta)$$

Das Elektrische-Feld der Welle setzt sich zusammen aus dem $A \cdot \cos$ wobei das A die amplitude und der cos die Welle beschreibt. Im Argument des cosinus ist zu finden:

Zum einen das $\omega * t$, welches die auslenkung der schwingung in Abhängigkeit mit der zeit beschreibt, dann \vec{k} beschreibt den Wellenzahlvektor, \vec{x} den Ort der Welle und δ die Phasenkonstante.

2.2 Interferenz

Damit Wellen Interferieren müssen einige Eigenschaften zutreffen:

Die Wellen müssen Kohärent sein, dass bedeutet sie zueinander eine zeitlich feste Phasenbeziehung haben. Damit zwei Wellen miteinander Interferieren dürfen sie auch nicht senkrecht zueinander stehen. Wenn diese Bedingungen erfüllt werden dann können sich die Wellen gegenseitig beeinflussen oder auch Interferieren. Zu stärkste Form der Interferenz tritt auf wenn die Wellen zueinander jeweils um ganzzahlige π verschoben sind. Bei ungeraden π kommt es zu destruktiver Interferenz, bei geraden π kommt es zu konstruktiver Interferenz

2.3 Newtonsches Farbglas

Um einen solchen Gangunterschied zu erzeugen nutzt man bei diesem Versuch eine plan-konvexe Linse mit großem Radius R, die auf einer Glasplatte aufliegt.

Fällt nun Licht am Punkt P welcher mit dem Radius r von dem Mittelpunkt entfernt ist ein, kommt es zur Brechung an der Glas-Luft Oberfläche. Ein Teil des Lichtes wird Transmittiert und läuft weiter den Abstand zwischen Linse und Glasplatte $d + d_0$ entlang und wird an Glasplatte nochmals Reflektiert/Transmittiert. Das Reflektiert Licht wird um π Phasenverschoben und nochmals wenn es am der Linse Reflektiert wird. Die somit durch das Glas transmittierte Lichtwellen sind parallel und haben einen geometrischen Gangunterschied von

$$\delta_{geo} = 2 \cdot (d + d_0) \quad (1)$$

Mit den zusätzlich Phasensprüngen bei der Reflektion ergibt das einen Gangunterschied von

$$\delta = 2 \cdot (d + d_0) + \lambda \quad (2)$$

Für die komplette Auslöschung gilt die Bedingungen

$$\delta = \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \quad (3)$$

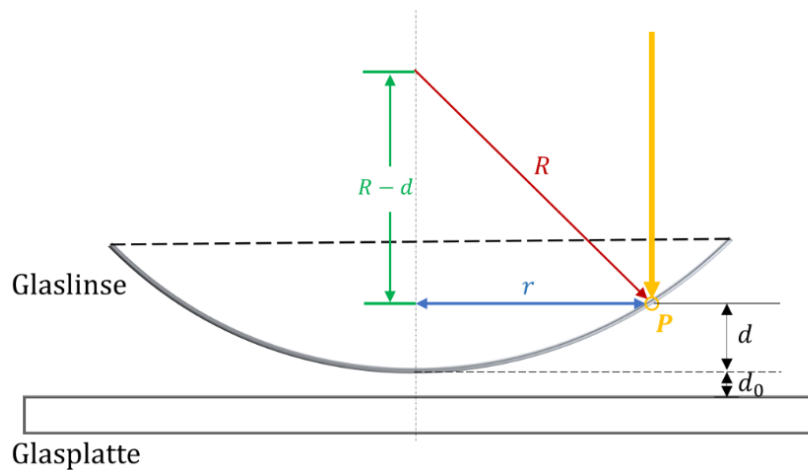


Abbildung 1: Skizze des Newtonsche Farbglas QUELLE

Daraus folgt

$$2 \cdot (d + d_0) = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \quad (4)$$

Mit Hilfe des rechtwinkligen Dreiecks in Abb. 1 und unter Vernachlässigung der Terme, die von 5 abhängen, ergibt sich folgende Gleichung:

$$r_n^2 = 2dR \quad (5)$$

Daraus folgt mit Gleichung GLEICHUNG eine Funktion für die Radien totaler Auslöschung abhängig von R, n, λ, d_0

$$r_n^2 = R \cdot \left(n \cdot \lambda - \frac{1}{2} \cdot \lambda - 2d_o\right) \quad (6)$$

3 Versuchsbeschreibung

3.1 Versuchsaufbau

Bei dem zu betrachtenden Versuch, handelt es sich um einen simplen Versuchsaufbau auf einer Optischen Bank. Die zu verwendeten Bauteile sind folgende: Zwei Lampen, einmal eine monochromatische Lampe wie zum Beispiel eine Natriumdampf-Lampe und eine Lampe mit einem breiten spektrum an sichtbaren Licht, wie zum Beispiel eine Quecksilberdampf-Lampe, als nächstes Bauteil braucht man eine Blendenhalterung, das Newtonsche Farbglas welches aus einer Plan-konvexen Linse mit einem groszen Krümmungsradius und einer sehr glatten Glasscheibe besteht, um Messdaten besser ablesen zu können ist auf der Glasscheibe zusätzlich noch eine Skala aufgedruckt die den Maszstab veranschaulicht. Die letzten zwei Bauteile sind dazu da um besser die Interferenzmuster des Newton-Glases sehen zu können, das ist einmal eine Vergrößerungslinse und einen Schirm um das Muster auch abbilden zu können.

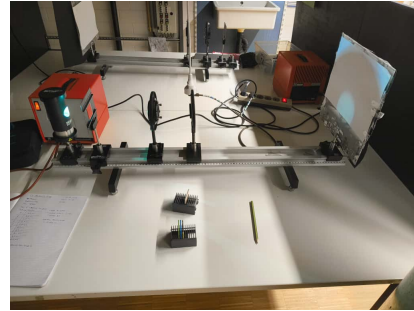


Abbildung 2: Versuchsaufbau

3.2 Versuchsdurchführung

Nun zur Versuchsdurchführung, der erste Schritt der Durchführung ist der Aufbau aller Bauteile auf der optischen Bank, angefangen mit dem Schirm, der Vergrößerungslinse, dem Newtonschen-Glas, der Blendenhalterung und der Lichtquelle. Beim ersten Teil des Versuchs wird die Lampe mit monochromatischem Licht verwendet. Sobald man nun die Lampe einschaltet und das Bild am Schirm scharf gestellt hat, kann man schon das Interferenzmuster erkennen welches gemessen wird. Damit aber keine Ergebnisse verfälscht werden muss zuerst das Newtonsche-Farbglas richtig eingestellt werden. Hierzu werden die Schrauben, die die Linse und die Glasplatte verbinden, solange verstellt, bis aus der Mitte des Bildes kein neuer Ring erscheint. Nun wird mithilfe der Skala auf der Glasplatte der Radius der dunklen Ringe ermittelt. Im zweiten Teil des Versuchs wird nun die monochromatische Lichtquelle mit einer Lichtquelle getauscht, die mehrere Wellenlängen an Licht ausstrahlt. Sobald diese Lampe sich aufgeheizt hat, wird der erste Teil des Versuchs wiederholt, da jetzt aber mehrere Wellenlängen von sichtbarem Licht ausgestrahlt werden. Vor dem Messen wird ein Farbfilter in der Blendenhalterung befestigt. Dies wird jeweils für den Grünen-, Blauen- und Gelben-Farbfilter angewendet.

4 Auswertung

4.1 Teil 1

Folgende zehn Radien konnten von dem Schirm abgelesen werden:

| n | r_n in mm |
|-----|-------------|
| 1 | 4.5 |
| 2 | 5.5 |
| 3 | 6.5 |
| 4 | 7.1 |
| 5 | 7.9 |
| 6 | 8.2 |
| 7 | 8.9 |
| 8 | 9.2 |
| 9 | 9.7 |
| 10 | 10.1 |

Tabelle 1: Die Ringradien der entsprechenden Ordnung für die Natriumdampflampe.

Die quadratischen Radien aufgetragen gegen die Ordnung ergeben folgenden Graphen.

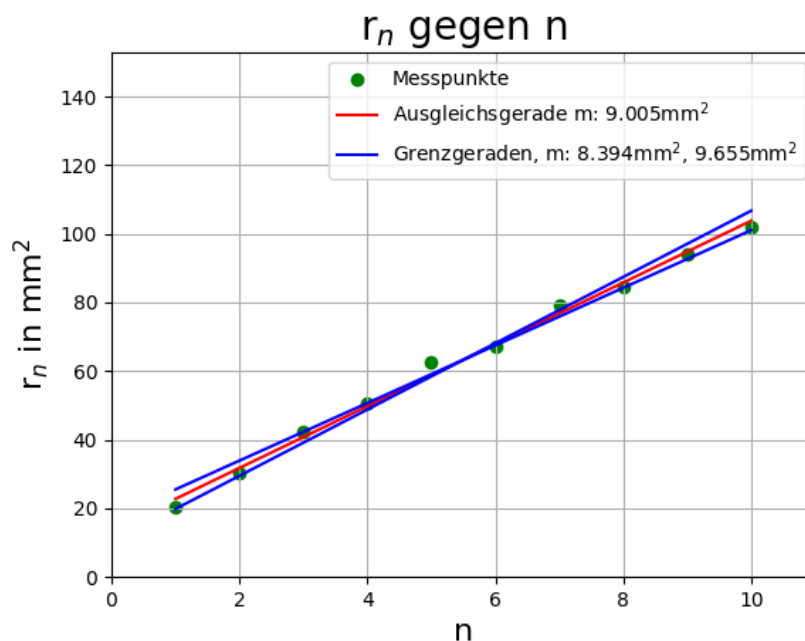


Abbildung 3: Die notierten quadratische Ringradien aufgetragen gegen die Ordnung. Die Filtergerade wurde mittels Python Numpy.polyfit erstellt.

Unter Weglassung der konstanten Terme der Gleichung GLEICHUNG ergibt sie die Steigung der Filtergerade

$$m = R \cdot \lambda \Leftrightarrow R = \frac{m}{\lambda} \quad (7)$$

Somit ergibt sich ein Krümmungsradius der Linse $R = 15,28 \text{ m}$. Unter betrachtd der Grenzgeraden ergibt sich ein Fehler von:

$$\Delta m = \pm \frac{m_{\max} - m_{\min}}{2} = 1,3 \text{ mm}^2 \quad (8)$$

Der Fehler in R:

$$\Delta R = \pm \left(\left| \frac{\delta R}{\delta m} \right| \cdot \Delta m \right) = \pm \frac{\Delta m}{\lambda} = \pm 2,2 \text{ m} \quad (9)$$

Das ergibt einen Relativen Fehler von $\frac{\Delta R}{R} = 14,4\%$. Das ist ein recht großer Fehler der durch Ungenauigkeiten beim Ablesen der Radien r_n sowie potentiell durch einen Abstand d_0 zwischen Glasplatte und Linse entstehen konnte. Grund für die Ungenauigkeiten beim Ablesen ist zum Beispiel das die Skala auf dem Schirm nur Milimeterstriche angibt und somit geringere Längen geschätzt werden müssen.

4.2 Teil 2

Folgende Radien ergaben sich für die verschiedenen Farbfilter:

| Ordnung n | gelb r_n in mm | blau r_n in mm | grün r_n in mm |
|-------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 2 | 4.2 | 4.1 | 4.2 |
| 3 | 5.1 | 5.0 | 5.1 |
| 4 | 6.0 | 5.5 | 5.9 |
| 5 | 6.9 | 5.9 | 6.5 |
| 6 | 7.2 | 6.3 | 7.1 |
| 7 | 7.9 | - | 7.5 |
| 8 | 8.3 | - | 8.0 |

Tabelle 2: Gemessene Radien für verschiedene Filterfarben.

im Folgenden sind die Messpunkte gegen die Ordnung aufgetragen:

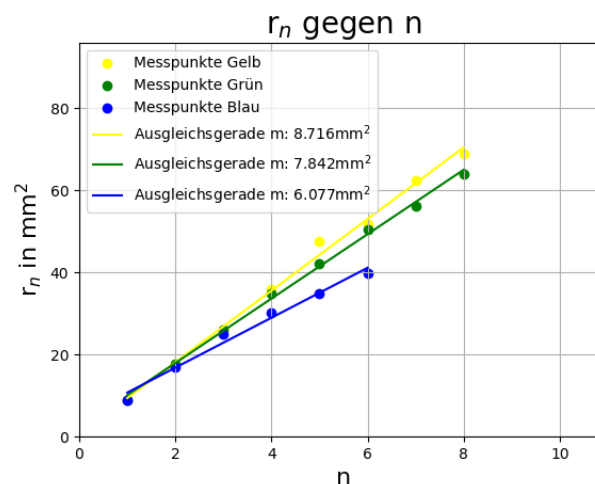


Abbildung 4: Die notierten quadratische Ringradien der jeweiligen Farben aufgetragen gegen die Ordnung. Die Filtergeraden wurde mittels Python Numpy.polyfit erstellt.

Somit die Steigungen der Filtergerade:

| | Gelber Farbfilter | Grüner Farbfilter | Blauer Farbfilter |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Filtergerade | 8,716 mm ² | 7,824 mm ² | 6,077 mm ² |
| Grenzgeraden 1 | 7,883 mm ² | 7,163 mm ² | 5,441 mm ² |
| Grenzgeraden 2 | 9,628 mm ² | 8,576 mm ² | 6,78 mm ² |

Tabelle 3: Steigungen der quadratischen Ringradien für die verschiedenen Filterfarben. Grenzgeraden wurden mit Hilfe von Python erstellt

Die Steigungen der Grenzgeraden wurden aus folgendem Diagramm entnommen. Die Diagramme der anderen Farben im Anhang.

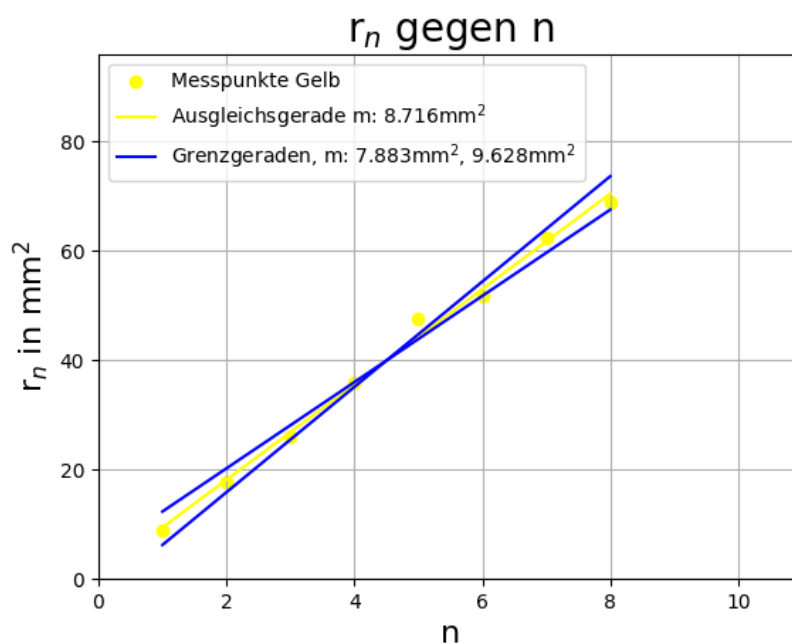


Abbildung 5: Die Grenzgeraden für den Gelben Farbfilter. Die Filtergeraden wurden mittels Python `Numpy.polyfit` erstellt.

Nach Gleichung (7) gilt für die Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{m}{R} \quad (10)$$

Wobei der Fehler ist gegeben durch folgende Formel, wobei Δm aus Formel (8) und ΔR aus Formel (9):

$$\Delta \lambda = \pm \left(\left| \frac{\partial \lambda}{\partial m} \right| \cdot \Delta m + \left| \frac{\partial \lambda}{\partial R} \right| \cdot \Delta R \right) = \pm \left(\frac{\Delta m}{R} + \frac{m \cdot \Delta R}{R^2} \right)$$

Dann für die Wellenlängen der Farben folgt. Literaturwerte wurden entnommen aus [1]:

| Farbe | $\lambda_{\text{gemessen}}$ in nm | $\Delta\lambda$ in nm | $\lambda_{\text{Literatur}}$ in nm |
|-------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Gelb | 570,4 | 139,2 | 576,96 nm |
| Grün | 512,0 | 120,0 | 546,07 nm |
| Blau | 397,7 | 101,0 | 435,83 nm |

Tabelle 4: *Gemessene Wellenlängen der Filterfarben mit Fehler der Wellenlänge im Vergleich zum Literaturwert.*

Die berechneten Wellenlängen der drei Filterfarben weisen teils deutliche Abweichungen zu den Literaturwerten auf (vgl. Tabelle 4). Der größte relative Fehler ergibt sich für das blaue Licht mit etwa 25%, gefolgt vom und dem gelbe Licht mit etwa 24% und dem grünen Licht mit rund 23%. Dies könnte den Grund haben das beim Blauen Licht der Radius am schwierigsten abzulesen war Insgesamt liegen die Messwerte jedoch in der richtigen Größenordnung.

5 Anhang

6 Literaturverzeichnis

Literatur

- [1] David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2005, <<http://www.hbcpnetbase.com>>, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005.