

Versuch O 12 - NEWTONSche Ringe		
Name:		Mitarbeiter:
Gruppennummer:	lfd. Nummer:	Datum:

1. Aufgabenstellung

Bestimmen Sie den Krümmungsradius der Linse und mit diesem Wert die Wellenlängen der drei verwendeten Lichtfilter.

1.1. Versuchsziel

Beschäftigen Sie sich mit folgenden Schwerpunkten des Versuches:

- Interferenz
- kohärentes Licht
- Interferenz an dünnen Schichten
- Versuchsprinzip

1.2. Messungen

1.2.1. Bauen Sie den Versuch nach den Abbildungen 4 und 5 mit der Natrium-Dampfampe auf. Bestimmen Sie die Größe des eingblendeten Maßstabs. Zählen Sie die Ordnung der dunklen Ringe aus und messen Sie deren Durchmesser.

1.2.2. Bestimmen Sie unter Verwendung der Quecksilber-Hochdrucklampe die Größe des Maßstabs, messen Sie die Ringdurchmesser und zählen Sie deren Ordnung bei Verwendung der drei Farbfilter.

1.3. Auswertungen

1.3.1. Zeichnen Sie für das Natrium-Licht ein Diagramm, bei dem Sie r_k^2 als Ordinate und die Ordnung k als Abszisse abtragen (r_k als Radius k -ter Ordnung). Berechnen Sie aus den Werten der Messung zu 1.2.1. mit Hilfe der linearen Regression den Krümmungsradius der Linse.

1.3.2. Zeichnen Sie zu den Messungen zu 1.2.2. ein Diagramm für die drei verwendeten Farbfilter, bei dem Sie r_k^2 als Ordinate und die Ordnung k als Abszisse abtragen.

1.3.3. Mit dem bekannten Krümmungsradius berechnen Sie die Wellenlängen der drei Farbfilter.

2. Grundlagen

Trifft Licht (Lichtwellen) auf eine transparente Schicht mit einem anderen Brechungsindex als dem der Umgebung, so kann man farbige Effekte sehen. Diese kommen durch Interferenzen zustande, weil das Licht nicht nur an den Oberflächen (Grenzflächen) gebrochen, sondern auch reflektiert wird (vgl. Abb.1). Das Licht wird an den Grenzflächen gebrochen und teilweise reflektiert.

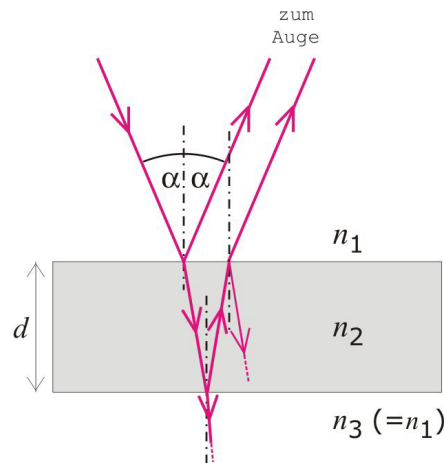


Abb. 1 Interferenz an dünnen Schichten.

Die beiden an den Grenzflächen reflektierten Lichtstrahlen, die zum Auge gelangen, besitzen einen Phasenunterschied. Beträgt dieser eine halbe Wellenlänge, löschen sich die Wellen gegenseitig aus. Der Phasenunterschied ist abhängig von der Wellenlänge und der Schichtdicke d . Er hängt aber auch von dem Brechungsindex n_2 des Mediums ab. Gleichzeitig findet an der Unterseite des Mediums ein Phasensprung von π bei der Reflexion statt, wenn $n_2 > n_3$ ist. Für punktförmige Lichtquellen lassen sich folgende Bedingungen für die Kohärenz finden: Der Gangunterschied der Wellen muss kleiner sein als die Kohärenzlänge und die Phasendifferenz darf sich zeitlich (kaum) ändern. Hinzu kommt bei ausgedehnten Lichtquellen die Bedingung, dass der Öffnungswinkel φ der Lichtquelle die Bedingung $\sin \varphi \ll \frac{\lambda}{y}$ (y - Ausdehnung der Lichtquelle) erfüllen muss. Damit Interferenzen im normalen inkohärenten Licht sichtbar sind, muss die Schichtdicke d dabei in der Größenordnung der Lichtwellenlänge liegen.

2.1. Newtonsche Ringe - Interferenz an keilförmigen Schichten

Eine plankonvexe Linse (mit großem Krümmungsradius) liegt auf einer planparallelen Glasplatte (vgl. Abb. 2). Von oben wird die Anordnung mit monochromatischem Licht beleuchtet. Da die Linse zumeist die Glasplatte nicht direkt berührt, gibt es einen Mindestabstand d_0 (durch Deformationen kann d_0 auch negativ sein). Das Licht legt zwischen Linse und Glasplatte den Weg $2(d_0 + d)$ zurück. Mit dem Phasensprung zusammen ergibt sich ein Gangunterschied $\Delta x = 2(d + d_0) + \frac{\lambda}{2}$ zwischen den Strahlen 1 und 2 aus Abb. 3 (wobei der Strahl 1 zur besseren Sichtbarkeit versetzt gezeichnet wurde, ebenso wurden die Lote weggelassen).

Ist der Gangunterschied ein Vielfaches von λ , so verstärken sich die interferierenden Wellen, ist der Gangunterschied ein Vielfaches von $\lambda/2$, so werden die Wellen ausgelöscht.

Da der Gangunterschied bezüglich eines Kreises konstant ist, entstehen helle und dunkle Ringe.

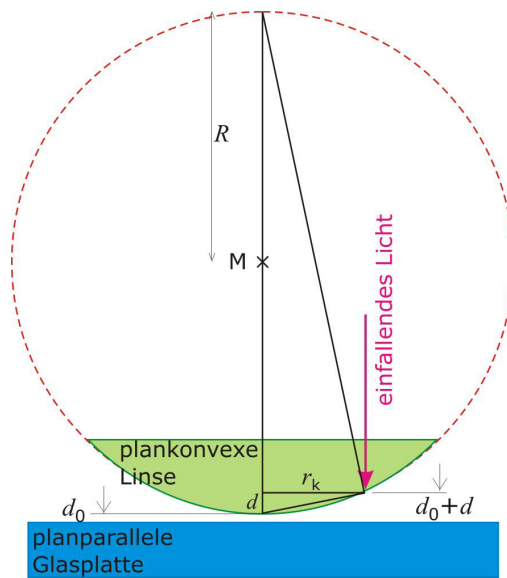


Abb. 2 Interferenz an einer gewölbten Fläche.

Die Phasenverschiebung φ beträgt

$$\varphi = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{4\pi}{\lambda} (d_0 + d) + \pi \quad (1)$$

Ist $\varphi = 2\pi k$ (mit $k = 1, 2, 3, \dots$) (2)

so verstärken sich die Wellen.

Ist $\varphi = \pi(2k + 1)$ (mit $k = 0, 1, 2, \dots$) (3)

so löschen sich die interferierenden Wellen gegenseitig aus.

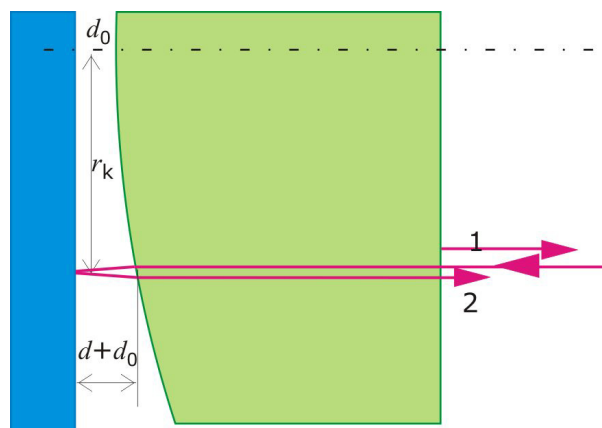


Abb. 3 Strahlenverlauf (Strahl 1 versetzt gezeichnet).

Einen Zusammenhang zwischen einem bestimmten Radius r_k eines Ringes und der Dicke d der Schicht kann man mit dem Höhensatz im rechtwinkligen Dreieck (Höhe r_k , Hypotenuse $2R$) herleiten. Es gilt (vgl. Abb. 2):

$$r_k^2 = d(2R - d) \quad (4)$$

Da die Linse einen sehr großen Krümmungsradius hat (mehrere Meter), ist $d \ll R$ und man kann den Term d^2 vernachlässigen.

Für die dunklen Ringe ergibt sich mit Gl. 3

$$r_k^2 = kR\lambda - 2d_0R, \text{ mit } k = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

Dabei ist, wie schon oben bemerkt, u.U. d_0 mit einem negativen Vorzeichen behaftet. Zeichnet man ein $r_k^2(k)$ -Diagramm, so soll die Punktmenge auf einer Geraden liegen. Bei bekanntem Radius R der Linse erhält man aus dem Anstieg die Wellenlänge des verwendeten Lichts. Kennt man die Wellenlänge des Lichts, so kann man den Krümmungsradius der Linse bestimmen.

3. Experiment

Der Versuchsaufbau besteht aus der Lichtquelle (mit Lampe und Kondensator), dem Newtonschen Farbglas (mit einem Maßstab auf der planen Glasplatte), der Abbildungslinse und dem Auffangschirm (vgl. Abb. 4). Im Gegensatz zu vielen anderen Versuchsaufbauten wird hier zum Messen das hindurchgehende Licht zur objektiven Auswertung benutzt.

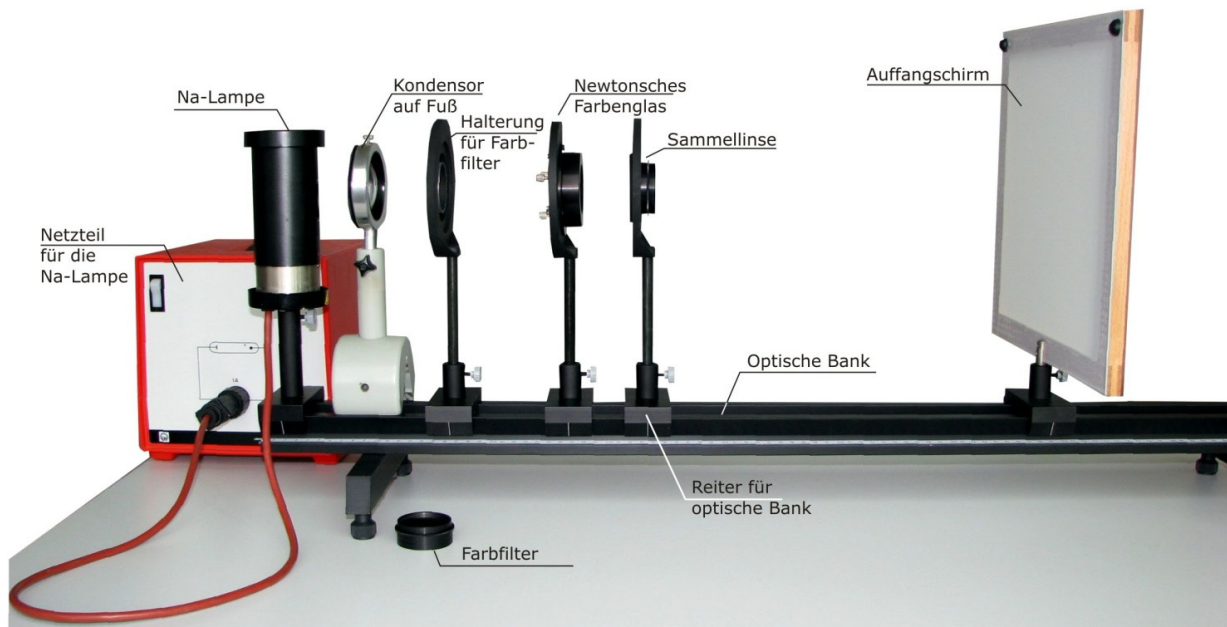


Abb. 4 Versuchsaufbau mit der Na- Lampe.

3.1. Versuchsanordnung

Wird mit Na-Licht (wie in der Abb. dargestellt) gearbeitet, benutzt man keinen Farbfilter, da das Licht dieser Lampe in guter Näherung monochromatisch ist. Wird die Hg-Lampe benutzt, werden mit den Farbfiltern (Interferenzfilter) die drei intensiven (sichtbaren) Linien des Quecksilbers herausgefiltert. Da das verwendete Licht fast monochromatisch ist, wird die Kohärenzbedingung teilweise erfüllt. Man kann dadurch mehr Ordnungen sehen.

3.2. Hinweise zur Versuchsdurchführung

Zuerst wird zur Bestimmung des Krümmungsradius der Linse der Aufbau mit der Na-Dampf Lampe gewählt. Die Abstände der einzelnen Baugruppen voneinander sind aus der Abb. 5 ersichtlich. Evtl. muss die Höhe der Lampe korrigiert werden, wenn das Lichtbündel nicht mittig das Farbglas trifft. Durch Verschieben der Sammellinse kann man die Teilstriche des Maßstabes scharf auf dem Schirm abbilden. Der Abstand zweier nebeneinander liegender Teilstriche beträgt im Original 1 mm. Zur Bestimmung der Vergrößerung markiert man den Abstand von z. B. 10 Teilstrichen auf einem Streifen Papier. Den dunklen Radius einer bestimmten Ordnung bestimmt man am besten über seinen Durchmesser. Diesen misst man senkrecht aus, da waagrecht der eingeblendete Maßstab beim Ablesen stört. Man sollte sieben Ordnungen erfassen. Auch hier sollte man die Mitte des dunklen Ringes zum Ausmessen des Durchmessers markieren. Für die Berechnung des Linsenradius nimmt man eine mittlere Wellenlänge der beiden D-Linien des Natriums von 589,3 nm an.

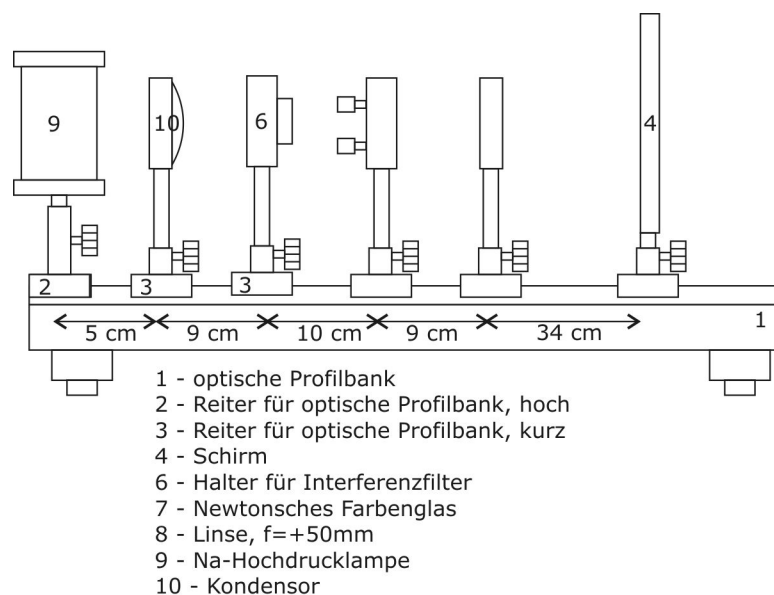


Abb. 5 Aufbau mit Na-Lampe zur Bestimmung des Krümmungsradius der Linse

Danach wird die Lampe ausgeschaltet und aus der Versuchsanordnung entfernt. Dabei ist zu beachten, dass das Lampengehäuse warm ist. Auch der Kondensator wird mit seinem Fuß aus dem Aufbau entfernt. Die anderen Abstände ändern sich nicht. Es wird die Hg-Höchst-Drucklampe dort eingesetzt, wo die Na-Lampe stand. In das Lampengehäuse ist ein Kondensator integriert. Der Start der Lampe kann nach dem Einschalten verzögert erfolgen. Die Schärfe des Bildes kann man bei Bedarf nachstellen. Dann wird ein Farbfilter von der Bildseite her auf die entsprechende Halterung geschoben. Es erfolgt – wie schon oben beschrieben – die Messungen zur Bestimmung der Vergrößerung und die Messungen der Ringdurchmesser und ihrer Ordnung. Es sollten Messungen für zehn Ordnungen ausgeführt werden.

4. Literatur

- [1] Phywe Systeme GmbH: Laboratory Experiments (als CD)
- [2] WALCHER u. a.: Praktikum der Physik; Teubner-Verlag, Wiesbaden 2006
- [3] <http://www.phywe.de/51/pid/26306/Newtonsche-Ringe.htm> (2.5.2010)
- [4] GRIMSEHL: Lehrbuch der Physik, Bd. 3; Leipzig 1988; Abschn. 3.1.4.
- [5] Physikalisches Praktikum; Teubner Verlagsgesellschaft; Stuttgart, Leipzig 1994; Abschnitt 2.0.
- [6] EICHLER, KRONFELDT, SAHM: Das Neue Physikalische Praktikum; Springer Verlag Berlin, Heidelberg 2006; Abschn. 39