

# O6 NEWTONSCHE RINGE

## PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

**Grundbegriffe:** Reflexion, Beugung, Interferenz, Kohärenz, Gangunterschied, Phasensprung (Stroppe, S. 319-323).

Newton'sche Ringe: Als Newton'sche Ringe bezeichnet man Interferenzbilder, die bei folgender Anordnung entstehen: Eine Plankonvexlinse mit großem Krümmungsradius  $R$  liegt mit der

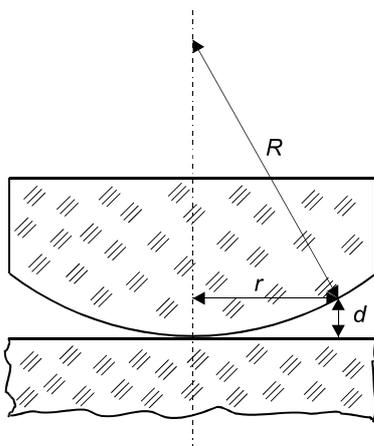


Abb. 1 VERSUCHSAUFBAU

(Abb. 2). Die erste für die Betrachtungen wichtige Reflexion, die zur Bildung des Teilstrahls 1 führt, erfolgt an der Unterseite der Linse, d. h. beim Übergang des Lichts in das optisch dünnere Medium des Luftkeils. Ein Teil des Lichts durchquert den Luftkeil, wobei am optisch dichteren Medium (Glasplatte) dann eine erneute Reflexion erfolgt, die zur Bildung des Teilstrahls 2 führt. Die beiden Teilstrahlen 1 und 2 sind kohärent und überlagern sich im Punkt A. Betrachtet man alle reflektierten Teilstrahlen, dann ergibt sich oberhalb des Luftkeils eine Fläche, in der sich die entsprechenden Teilstrahlen überlagern. Diese Fläche rückt bei sehr kleinem Keilwinkel und senkrechtem Lichteinfall auf die obere Seite des Luftkeils.

Man kann diese Fläche und damit das Interferenzbild entweder mit dem Auge direkt beobachten, indem das Auge auf die Fläche akkommodiert wird, oder mit einem Mikroskop z.B. zum Ausmessen der Ringdurchmesser.

Die Reflexion des Lichtes an der Linsenoberseite kann unberücksichtigt bleiben, da der Gangunterschied des dort reflektierten Teilstrahls gegenüber den anderen reflektierten Teilstrahlen zu

gekrümmten Fläche auf einer ebenen Glasplatte (Abb. 1). Zwischen diesen beiden Flächen besteht ein Luftkeil mit veränderlicher Dicke  $d$ . Beleuchtet man die Anordnung senkrecht von oben mit parallelem monochromatischem Licht, dann beobachtet man sowohl in Reflexion als auch in Durchsicht konzentrische helle und dunkle Ringe um den Berührungspunkt von Linse und Glasplatte. Die Ringe entstehen durch Interferenz der an der oberen und unteren Grenzfläche des Luftkeils reflektierten Lichtwellen und heißen Newton'sche Ringe.

Zur Berechnung der Newton'schen Ringe betrachten wir einen vergrößerten Ausschnitt aus der Anordnung Linse/Glasplatte

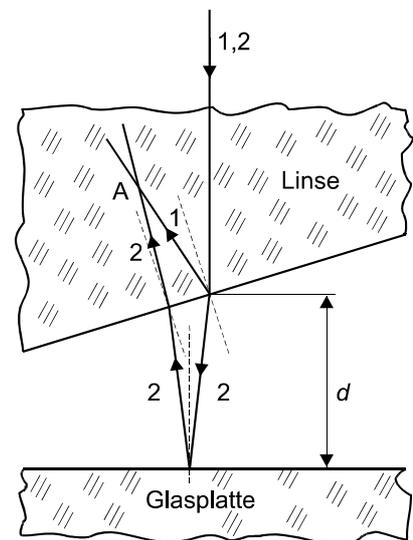


Abb. 2 STRAHLENVERLAUF

groß ist, um deutliche Interferenzerscheinungen hervorzurufen. Der geometrische Gangunterschied zwischen den Teilstrahlen 1 und 2 beträgt näherungsweise  $2d$ . Außerdem erfährt der Teilstrahl 2 bei der Reflexion am optisch dichteren Medium (Glasplatte) einen Phasensprung von  $\pi$ , das entspricht einem Gangunterschied von  $\lambda/2$ . Somit ist der gesamte optische Gangunterschied  $\Delta L$  zwischen den im Punkt A interferierenden Teilstrahlen 1 und 2

$$\Delta L = 2d_k + \lambda/2. \quad (1)$$

Zwei interferierende Wellen löschen sich aus, wenn sich ihre optischen Weglängen um ein ungeradzahliges Vielfaches einer halben Wellenlänge unterscheiden

$$\Delta L = (2k + 1) \lambda/2 \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (2)$$

Durch Gleichsetzen von Gl. (1) und (2) erhält man

$$d_k = k\lambda/2 \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (3)$$

$d_k$  ist somit die Dicke des Luftkeiles, die zum  $k$ -ten dunklen Ring gehört. Ein Interferenzminimum tritt auch im Berührungspunkt von Linse und Glasplatte auf ( $k = 0$ ,  $d_k = 0$ ), hier ist der optische Wegunterschied allein durch den Phasensprung von  $\pi$  bedingt.

Aus Abb. 1 entnimmt man die geometrische Beziehung

$$R = (R - d) + r^2$$

bzw.

$$r^2 = 2Rd - d^2.$$

Da  $d$  sehr klein gegen  $R$  ist, kann man  $d^2$  gegenüber  $2Rd$  vernachlässigen und erhält

$$r^2 = 2Rd. \quad (4)$$

Für die Radien  $r_k$  der dunklen Newtonschen Ringe erhält man mit Gl. (3)

$$r_k^2 = R\lambda k \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (5)$$

Je größer  $k$  ist, desto kleiner ist der Unterschied zwischen den Radien benachbarter Ringe, d. h. desto dichter liegen sie.

## AUFGABEN

1. Bestimmung des Krümmungsradius  $R$  einer Plankonvexlinse mit dem grünen Licht einer Hg-Spektrallampe ( $\lambda = 546,1$  nm) aus der grafischen Darstellung  $r_k^2 = f(k)$ .
2. Bestimmung der Wellenlänge einer weiteren Spektrallinie des Hg-Spektrums und der Na-D-Linie aus den grafischen Darstellungen  $r_k^2 = f(k)$ .

## VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Zur Beobachtung der Newtonschen Ringe dient ein verschiebbares Mikroskop mit Fadenkreuz. Die Ablesung der Mikroskopstellung erfolgt an einer Messschraube (0,01 mm Ablesegenauigkeit). Um Fehler infolge des toten Ganges auszuschalten, ist es notwendig, das Mikroskop nur in einer Richtung über das Ringsystem zu bewegen und die Durchmesser  $2r_k$  zu messen. Die Beleuchtung der Messanordnung mit monochromatischem Licht erfolgt von der Seite durch eine Spektrallampe mit Spektralfiltern. Durch eine unter  $45^\circ$  zur Beobachtungsrichtung geneigte

Glasplatte wird das Licht eingespiegelt. Die Spektrallampen dürfen nicht direkt an das Wechselstromnetz angeschlossen werden, sondern müssen in Reihe mit einer Drossel geschaltet werden. Aus der Steigung der Geraden  $r_k^2 = f(k)$  werden  $R$  bzw.  $\lambda$  nach Gl. (5) bestimmt und die Messunsicherheiten abgeschätzt.

### FRAGEN

1. Wie lautet die Bedingung für das Auftreten von Interferenzmaxima?
2. Welche Bedingung gilt für die Radien der hellen Newtonschen Ringe?
3. Wie sehen Newtonsche Ringe bei Beleuchtung der Anordnung mit Sonnenlicht aus?
4. Wie ändern sich die grafischen Darstellungen  $r_k^2 = f(k)$ , wenn die Linse die Glasplatte nicht einwandfrei berührt?