1. Aufgabenstellung

1.1. Der Krümmungsradius der sphärischen Grenzfläche einer Linse ist durch Ausmessen Newtonscher Ringe im reflektierten Licht einer Natriumdampflampe zu bestimmen.

1.2. Mit dem nun bekannten Krümmungsradius ist auf ähnliche Weise die Wellenlänge einer ausgefilterten Spektrallinie von Quecksilber zu ermitteln.

1.3. Die verbleibende Restspaltdicke zwischen Linsenoberfläche und untergelegter Glasplatte ist aus den Daten der Versuchsteile 1 und 2 abzuschätzen.

Literatur:

Eichler, H. J., Kronfeldt, H.-D., Sahm, J. — Das Neue Physikalische Grundpraktikum, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2. Auflage 2006, S. 409-410, S. 411-412

Schenk, W., Kremer, F. (Hrsg.) — Physikalisches Praktikum, Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 13. Auflage 2011, S. 257-259

Walcher, W. — Praktikum der Physik, B. G. Teubner Stuttgart Leipzig Wiesbaden, 8. Auflage 2004, S. 165-171

Stroppe, H. — Physik für Studenten der Natur- und Technikwissenschaften, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 11. Auflage 1999, S. 354-355, S. 386-387, S. 425-433

2. Grundlagen

Passiert Licht eine Grenzfläche zwischen Medien unterschiedlicher optischer Dichte, dann wird, abhängig von Einfallswinkel und den Brechzahlen beider Stoffe, ein Teil davon reflektiert. Bei senkrechtem Einfall und einem Übergang von Glas auf Luft oder umgekehrt beträgt die reflektierte Intensität etwa 4% der ursprünglich auftreffenden.

In einer speziellen Versuchsanordnung wird die sphärische Fläche einer Plankonvexlinse mit großem Krümmungsradius R auf eine präzise gefertigte ebene Glasplatte gelegt, so dass zwei Glas-Luft-Grenzflächen sehr nah beieinander realisiert sind. Bei Beleuchtung von der Glasplatte aus gibt es jetzt zwei Rückreflexe mit geringem optischen Gangunterschied, welcher von der Dicke d der Luftschicht abhängt. Wegen der Rotati-

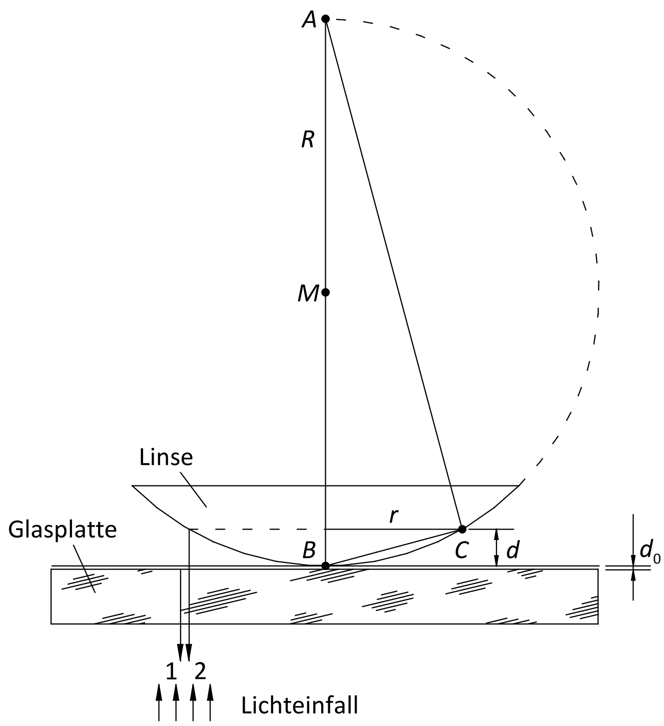

Abb. 1: Schema der Versuchsanordnung

onssymmetrie der Anordnung beobachtet man helle und dunkle Interferenzringe um ein größeres dunkles Zentrum herum, die *Newtonschen Ringe*. Diese sind besonders kontrastreich, wenn monochromatisches Licht verwendet wird.

Zur Erklärung dieser Erscheinung muss man das Wellenmodell des Lichtes bemühen. Die beiden in Abb. 1 willkürlich herausgegriffenen Wellenzüge/Teilstrahlen 1 und 2 (Strahl 1 zur besseren Veranschaulichung versetzt gezeichnet) überlagern einander kohärent, wenn die verwendete Lichtquelle entsprechende Eigenschaften aufweist und d nicht zu groß ist. Bei der Reflexion an der Linsenoberfläche tritt wegen des Lichtübergangs optisch dünn $\rightarrow$ optisch dicht ein Phasensprung von π auf, so dass der Gangunterschied zwischen den beiden Teilstrahlen $\Delta L = 2d + \lambda/2$ beträgt. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Berührungsstelle Linse/Glasplatte nicht ideal ist. Staubkörner können den Abstand d um ein geringes d_0 erhöhen, elastische Deformationen infolge des Auflagedrucks bewirken formal $d_0 < 0$. Insgesamt ergibt sich:

$$\Delta L = 2\left(d + d_0\right) + \frac{\lambda}{2}\,. \tag{1}$$

Hierbei wurde die Richtungsänderung von Strahl 2 bei der Reflexion wegen der schwachen Krümmung der Linsenoberfläche vernachlässigt.

Für das Auftreten dunkler Ringe lautet die Bedingung:

$$\Delta L = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad\qquad k = 0, 1, 2, 3, \ldots \tag{2}$$

helle Ringe entstehen bei

$$\Delta L = k\lambda \qquad\qquad k = 0, 1, 2, 3, \ldots \tag{3}$$

Die Radien r der Interferenzringe können mit einem Messmikroskop bestimmt werden, wegen der besseren Erkennbarkeit beobachtet man bevorzugt die dunklen Ringe. Aus dem Höhensatz für das rechtwinklige Dreieck ABC und wegen $d \ll R$ folgt:

$$r^2 = \left(2R - d\right)d \approx 2R\,d\,. \tag{4}$$

Mit (1) und (2) lässt sich d eliminieren, man erhält schließlich:

$$r_k^{\,2} = R\left(k\lambda - 2d_0\right) = f\left(k\right). \tag{5}$$

3. Messanleitung und Auswertung

Glasplatte und Plankonvexlinse befinden sich fest montiert auf dem Verschiebetisch eines Auflichtmikroskops. Durch seine seitliche Öffnung kann das Licht der verwendeten Gasentladungslampen so in den Strahlengang projiziert werden, dass eine Beleuchtung von unten durch die Glasplatte erfolgt. Für den zweiten Versuchsteil ist bei Verwendung der Hg-Lampe ein Metallinterferenzfilter einschwenkbar.

Blickt man von oben schräg auf das Messobjekt in das reflektierte Licht irgendeiner Quelle, dann kann man etwa über der Mitte der Beobachtungsblende den kleinen dunklen Fleck der Berührungsstelle zwischen Platte und Linse (entspricht näherungsweise $k = 0$) sowie die ersten Newtonschen Ringe erkennen. Diese justiert man mit den beiden Stelltrieben des xy-Kreuztisches ungefähr über die Mitte des Mikroskopobjektivs. Alle weiteren Einstellungen beobachtet man dann durch das Mikroskop mit seinem Messokular. Der Verschiebetisch in y-Richtung erlaubt die Zentrierung des Objektes, in x-Richtung benutzt man den Präzisions-Messtisch zum Einstellen und Ablesen der Ringposition mit einer Genauigkeit von besser als einem hundertstel Millimeter.

3.1. Na-Lampe ($\lambda = 589{,}3\,nm$), Filter ausgeschwenkt

Man bestimmt die Radien der k-ten Ringe, indem man zuerst, vom Zentrum ausgehend, jeden 5. Ring nach links unter den Schnittpunkt des Okularfadenkreuzes bewegt und die Position $x_{k,l}$ des Messtisches notiert. Eine Umdrehung der Mikrometerschraube entspricht dabei einer Verschiebung des Tisches um $25/100\,mm$. Die im Messokular ebenfalls erkennbare Skala hat für diesen Versuch keine Bedeutung. Auf gleiche Weise ermittelt man die Ringpositionen $x_{k,r}$ nach rechts. Tausendstel Millimeter können an der Trommelteilung noch geschätzt werden. Es empfiehlt sich die Anfertigung folgender Messwerttabelle:

k	$x_{k,l}\ (mm)$	$x_{k,l}/100\,(mm)$	$x_{k,r}\,(mm)$	$x_{k,r}/100\,(mm)$	$r_k^2\ (mm^2)$	$x_0\ (mm)$
5	9,25	5,8	4,75	11,6	4,932841	7,087
…	…	…	…	…	…	…

Die Differenz aus linker und rechter Ablesung liefert den Durchmesser des Interferenzringes, der Mittelwert $x_0 = (x_{k,l} + x_{k,r})/2$ wird über alle Spaltenelemente gemittelt und als Zentralposition des Ringsystems für das nächste Experiment verwendet.

<u>Messbereich:</u> $k = 5 \ldots 80$ in Schritten von $\Delta k = 5$

3.2. Hg-Lampe (λ unbekannt), Filter im Strahlengang

Die Messung erfolgt analog, es braucht aber lediglich in eine Richtung bewegt zu werden, da sich der Ringradius aus den Ablesungen $x_{k,l}$ oder $x_{k,r}$ und dem zuvor gefundenen Mittelwert $\overline{x}_0$ ergibt.

<u>Messbereich:</u> $k = 5 \ldots 80$ in Schritten von $\Delta k = 5$

Gemäß (5) gibt es einen linearen Zusammenhang zwischen den Quadraten der Ringradien r_k^2 und der laufenden, ausgezählten Nummer des Ringes. Die grafische Darstellung $r_k^2 = f(k)$ sollte daher Messpunkte ergeben, durch die eine Ausgleichsgerade mit Anstieg a und Absolutglied b gezeichnet werden kann (Praktikumsprogramm *PhysPract*). Aus dem Anstieg $a = R\lambda$ gewinnt man nach 3.1 zunächst den Krümmungsradius der Linsenfläche, aus $b = -2R\,d_0$ einen ersten Wert für die Restspaltdicke. Die Auswertung von 3.2 liefert dann die Wellenlänge der ausgefilterten grünen Quecksilberlinie und einen zweiten Wert für d_0.

Auf der Basis der vom Computerprogramm angegebenen Standardabweichungen sind die kombinierten Unsicherheiten der gefundenen Ergebnisse zu berechnen, die Wellenlänge ist mit dem Tabellenwert zu vergleichen.