

Versuch 409

Newton'sche Ringe

1. Aufgabe

Es ist der Krümmungsradius einer sehr flachen Plankonvexlinse optisch zu bestimmen.

2. Grundlagen

Stichworte:

Interferenz, Kohärenz, Interferenz gleicher Dicke, Interferenz gleicher Neigung, Phasenanpassung, Reflexionsgrad, Ausgleichsgerade

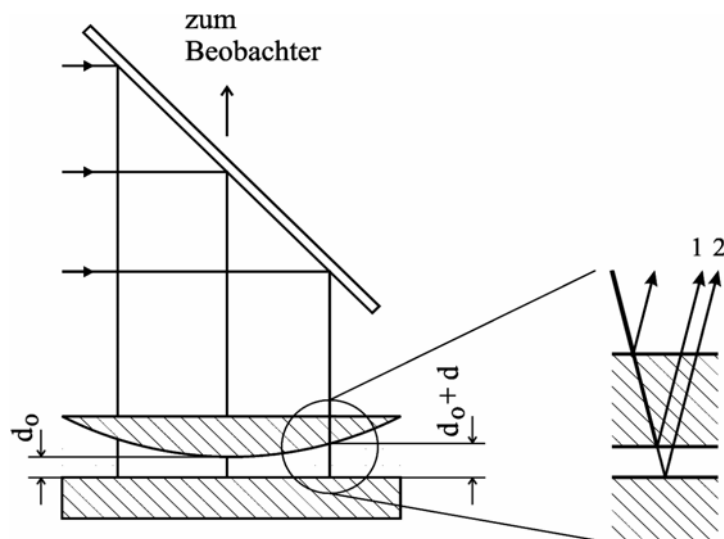
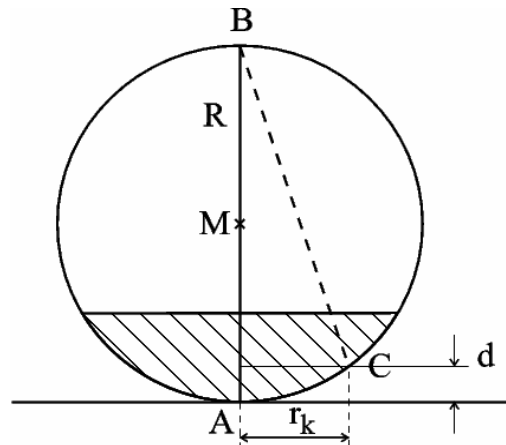


Bild 1: Zur Entstehung der Newton'schen Ringe

Newton'sche Ringe entstehen durch die Interferenz an der dünnen Zwischenschicht zwischen einer flach gewölbten Linse und einer Planglasplatte. Man beobachtet im allgemeinen das von dieser Anordnung reflektierte Licht (vgl. Bild 1). In diesem Fall interferieren der an der Unterseite der Linse reflektierte Strahl 1 und der an der Oberseite der Glasplatte reflektierte Strahl 2. Beide Strahlen sind der Deutlichkeit halber versetzt gezeichnet. Die Richtungsänderungen bei der Brechung an der unteren Linsenfläche sind für die weiteren Betrachtungen unwesentlich und werden vernachlässigt.

Frage an den Physikstudenten: Warum bzw. unter welchen Voraussetzungen darf man die Reflexion an der oberen, planen Linsenfläche unberücksichtigt lassen?

Bild 2: Zur Ermittlung der Dicke d

Ist r der Abstand vom Auflagepunkt der Linse auf der Glasplatte bis zum Interferenzring, so hat die Luftschicht zwischen Linse und Glasplatte dort die Dicke $d_0 + d$. Der Anteil d_0 berücksichtigt, daß keine ideale Berührung vorliegt. Durch Staub kann der Abstand vergrößert, durch Deformation verkleinert werden.

Sieht man von der geringfügigen Brechung der Lichtstrahlen in der Linse ab, so beträgt der Wegunterschied der beiden interferierenden Wellenzüge $2(d_0 + d)$. Da die Reflexion des zweiten Wellenzuges am optisch dichteren Medium erfolgt, ist noch ein Gangunterschied von $\lambda/2$ zu addieren. Der Gesamtgangunterschied beträgt

$$\Delta x = 2(d_0 + d) + \lambda/2$$

und damit ergibt sich eine Phasenverschiebung

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

Für

$$\delta = 2\pi \cdot k \quad (k = 1, 2, \dots) \quad (2a)$$

verstärken sich die interferierenden Wellenzüge, und es entsteht ein heller Ring, da längs der Peripherie eines Kreises um den Berührungspunkt von Glasplatte und Linse die Phasenverschiebung δ konstant ist. Ist dagegen

$$\delta = \pi(2k + 1) \quad (k = 0, 1, \dots) \quad (2b)$$

so löschen sich die interferierenden Wellenzüge aus, und es entsteht ein dunkler Ring.

Den Zusammenhang zwischen dem Radius r_k des k -ten Ringes und der Dicke d kann man entsprechend Bild 2 mit Hilfe des Höhensatzes im rechtwinkligen Dreieck ABC ermitteln.

Es ist

$$d \cdot (2R - d) = r_k^2 \quad (3)$$

Bei schwach gewölbten Linsen ist $d \ll R$, so daß in Gl.(3) das Glied in d^2 vernachlässigt werden darf. Aus den Gl. (1), (2) und (3) folgt dann für die dunklen Ringe:

$$r_k^2 = k \cdot R \cdot \lambda - 2 d_0 R \quad (k = 0, 1, \dots) \quad (4a)$$

und für die hellen Ringe:

$$r_k^2 = \left(k - \frac{1}{2}\right) R \lambda - 2 d_0 R \quad (k = 1, 2, \dots) \quad (4b)$$

3. Versuchsdurchführung

Die Anordnung wird so justiert, daß das Gesichtsfeld im Okular des Meßmikroskops gut ausgeleuchtet ist und bei einer Verschiebung des Mikroskops das Fadenkreuz die Interferenzringe durchwandert. Eine größere Anzahl Ringe (ca. 20) wird ausgemessen. Günstig ist, die dunklen Ringe zu vermessen, weil diese für das Auge am schärfsten erscheinen. Die Lage des Mittelpunktes wird indirekt bestimmt, indem die Ringe sowohl links als auch rechts ausgemessen werden. Zur Überprüfung der Kugelgestalt der Linsenfläche wird die Linse um 90° gedreht und die Messung wiederholt. Für beide Fälle ist r_k^2 über k aufzutragen und durch lineare Regression die beste Ausgleichsgerade (einschließlich des Anstiegsfehlers) zu bestimmen.

Aus den Steigungen der Geraden sind die beiden Krümmungsradien zu berechnen. Die mittlere Wellenlänge des Na - Dubletts ist 589,3 nm.

Berechnen Sie auch d_0 . Wie ist dieser Wert zu interpretieren?