Versuch 416

Abbe-Fizeau-Interferometer

1. Aufgaben

1.1 Es ist die mittlere Wellenlänge der gelben Natrium - D - Linien zu bestimmen.

1.2 Die Differenz der Wellenlängen für die beiden Na - D - Linien ist aus beobachteten Schwebungen zu bestimmen.

2. Grundlagen

Stichworte:
Zweistrahlinterferenz, Phasensprung, Interferenzen gleicher Neigung, Interferenzen gleicher Dicke, räumliche und zeitliche Kohärenz, Spektrallinie, Dublett

Die Untersuchung der spektralen Eigenschaften von Licht erfolgt u.a. mit Hilfe von Interferenzspektralapparaten. Das Abbe-Fizeau-Interferometer ist eine einfache Anordnung zur Erzeugung von *Zweistrahlinterferenzen* durch Reflexion eines Lichtbündels an einer planparallelen Luftschicht. Der Strahlengang ist in Bild 1 dargestellt. Das Licht einer ausgedehnten Lichtquelle Q wird über den mit einer zentralen Öffnung O versehenen Spiegel S auf die Luftschicht gelenkt, welche aus der Grundfläche des Prismas P und der Oberfläche des Glasstempels G gebildet wird. Das Prisma ist zur Justierung der Parallelität dieser Platte mit Hilfe dreier Schrauben kippbar und der Glasstempel zur Änderung ihrer Dicke d definiert verschiebbar. Durch die Öffnung Ö im Spiegel wird die Interferenz der Reflexe von der Grundfläche von P (L_1) und der Oberfläche von G (L_2) beobachtet. (Zur Vereinfachung der Zeichnung wurde die Brechung des Lichtes beim Durchgang durch P nicht dargestellt.) Wir betrachten den optischen Wegunterschied δ dieser beiden Strahlen bei einem Einfallswinkel α (vgl. Bild 2).

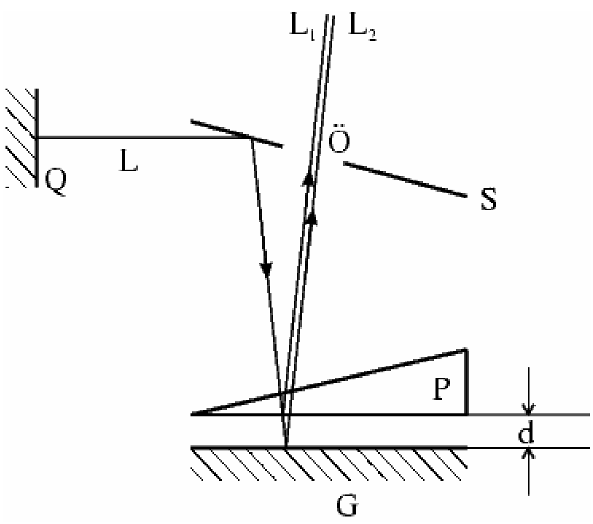

Bild 1: Strahlengang am Abbe-Fizeau-Interferometer

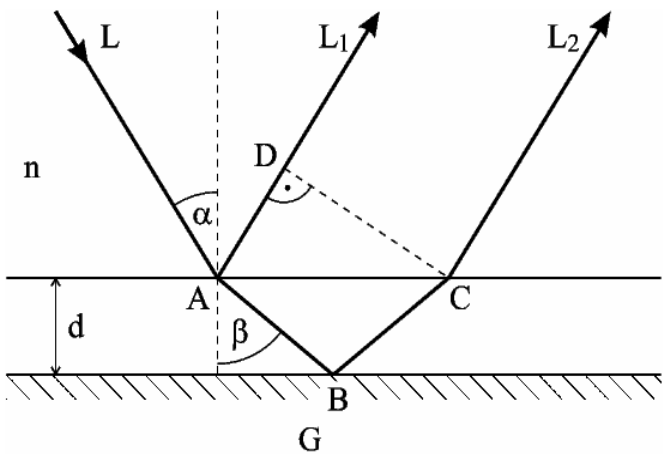

Bild 2: Interferierende Strahlen an einer Luftplatte. Bei B tritt ein Phasensprung auf.

Mit den Brechzahlen n des Prismenmaterials und $n_l = 1$ der Luft erhält man unter Berücksichtigung des Phasensprungs bei B (hier Reflexion am optisch dichteren Medium)

$$\delta = \left(\overline{AB} + \overline{BC}\right) - n\,\overline{AD} - \frac{\lambda}{2} \qquad (1)$$

Mit Hilfe von einfachen geometrischen Beziehungen und dem Brechungsgesetz erhält man

$$\delta = 2d\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha} - \frac{\lambda}{2} \qquad (2)$$

Man beobachtet Interferenzen, wenn der Gangunterschied δ für alle zum Bildpunkt auf der Netzhaut beitragenden Strahlen gleich ist. Das trifft insbesondere in zwei Grenzfällen zu:

1. **Interferenzen gleicher Dicke** (Newtonsche Ringe):
   α = const., d = $\neq$ const., $\rightarrow \delta\,(d)$
   Beleuchtung mit parallelem Licht, Grenzflächen unter kleinem Winkel (gegeneinander geneigt), Beobachtung auf der Plattenoberfläche

2. **Interferenzen gleicher Neigung** (Haidingersche Ringe):
   $\alpha \neq$ const., d = const., $\rightarrow \delta\,(\alpha)$
   Beleuchtung mit divergentem Licht, Grenzflächen parallel, Beobachtung im Unendlichen

Im vorliegenden Fall werden *Interferenzen gleicher Neigung* beobachtet. Auslöschung der Feldstärken erhält man für

$$\delta_{min} = (2m - 1)\frac{\lambda}{2} \tag{3}$$

d.h. im Zentrum des Ringsystems ($\alpha = 0$) gilt $d_{min} = m \cdot \lambda/2$. Zählt man die Anzahl der Ringe Δm, die bei einer bestimmten Abstandsänderung Δd aus dem Zentrum der Interferenzfigur quellen, so kann die Wellenlänge bestimmt werden:

$$\lambda = 2 \cdot \frac{\Delta d}{\Delta m} \tag{4}$$

Strahlt man Licht zweier eng benachbarter Wellenlängen $\lambda + \Delta\lambda/2$ und $\lambda - \Delta\lambda/2$ ein (das ist z.B. beim Dublett der Na-D-Linien der Fall), überlagern sich die zwei Ringsysteme unterschiedlicher Periodizität (vgl. Prinzip des Nonius).

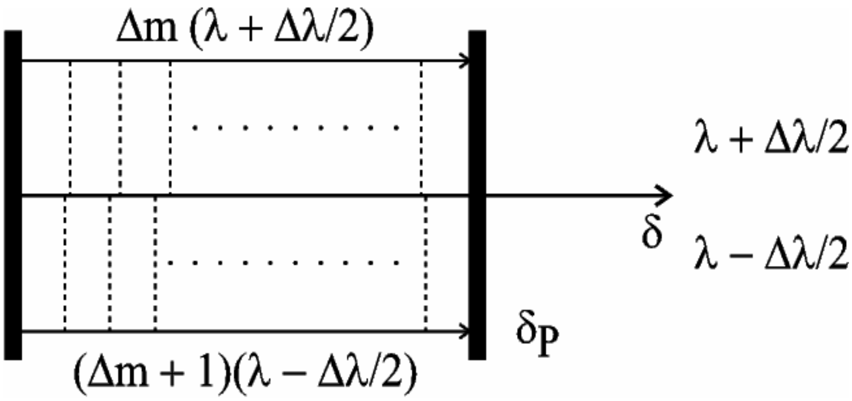

Bild 3: Lage der Interferenzminima für zwei eng benachbarte Spektralkomponenten

Es ergibt sich eine Schwebung des Interferenzkontrastes mit einer Periode δ_P (vgl. Bild 3)

$$\delta_p = \Delta m \left(\lambda + \frac{\Delta\lambda}{2}\right) = (\Delta m + 1)\left(\lambda - \frac{\Delta\lambda}{2}\right) \tag{5}$$

woraus man für $\lambda \gg \frac{\Delta\lambda}{2}$ dann $\Delta\lambda = \frac{\lambda}{\Delta m}$

und wegen $\Delta m = \dfrac{2 \Delta d}{\lambda}$

schließlich
$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2 \cdot \Delta d} \qquad (6)$$

erhält.

3.Versuchsdurchführung

Bei der Justierung ist das Instrument so einzurichten, daß

1. die Luftschicht planparallel ist

2. das Spiegelbild der Öffnung Ö (als dunkler Kreis sichtbar) die Quelle der konzentrischen Ringe ist.

Man blickt durch die Spiegelöffnung und beobachtet die an der unteren Prismenfläche und am Glasstempel reflektierten Bilder der Lichtquelle, die durch Parallelstellen des Prismas zum Glasstempel zur Deckung gebracht werden müssen. Am genauesten läßt sich das an den Spiegelbildern der Öffnung Ö verfolgen.
Bei parallelem Luftspalt werden ringförmige Interferenzfiguren sichtbar. Man zählt die Anzahl Δm der Ringe , die bei einer bestimmten Verschiebung Δd des Glasstempels aus dem Zentrum herausquellen. Damit kann über Gl. (4) die Wellenlänge λ berechnet werden. Zur Bestimmung von $\Delta \lambda$ nach Gl. (5) ist die Stempelverschiebung zwischen zwei Minima der Schwebung zu messen.

Literatur :

Born, M. ; Optik - Lehrbuch der elektromagnetischen Lichttheorie, Springer-Verlag, Berlin 1985