

Versuch 416

Abbe- Fizeau- Interferometer

Aufgaben

1. Bestimmung der mittleren Wellenlänge der gelben Natrium- D- Doppellinie.
2. Bestimmung der Wellenlängendifferenz aus der Schwebung.

Vorbetrachtung

Zweistrahl- Interferometrie an unterschiedlich- stark brechenden Medien

Eine Interferenz tritt nach der Huygenschen Theorie der Welle immer dann auf, wenn sich zwei oder mehrere Wellenzüge örtlich überlagern. Was damals als Theorie zu den mechanischen Wellen aufgestellt wurde, gilt auch unter der Bedingung örtlicher und zeitlicher Kohärenz. Benutzt man nun wie in diesem Fall (siehe unten) einen Glaskörper (oder einen Körper größerer Brechkraft) auf einer reflektieren Unterlage und befindet sich zwischen beiden eine Luftschicht (oder ein Medium geringerer Brechkraft), so sind wegen dem optischen Gangunterschied (und der Phasenverschiebung um eine halbe Wellenlänge am „festen Ende“ des dichten Mediums) Interferenzerscheinungen zu beobachten. Man unterscheidet

- Interferenzen gleicher Dicke (*Newtonsche Ringe*)
Die Beleuchtung erfolgt mit parallelem Licht, die Grenzflächen sind unter kleinem Winkel zueinander geneigt und die Interferenz ist direkt auf der Plattenoberfläche beobachtbar.
- Interferenzen gleicher Neigung (*Haidingersche Ringe*)
Die Beleuchtung erfolgt mit divergentem Licht, die Grenzflächen sind zueinander parallel und die Interferenz ist nur im Unendlichen beobachtbar.

Das Abbe- Fizeau- Interferometer (AFI)

Beim AFI beleuchtet eine ausgedehnte Lichtquelle über einen Spiegel ein Glasprisma, welches in einer Höhe h über einem reflektieren Glasstempel justiert ist. Durch ein Loch im Spiegel werden die im Prisma und vom Glasstempelreflektierten Strahlen beobachtet.

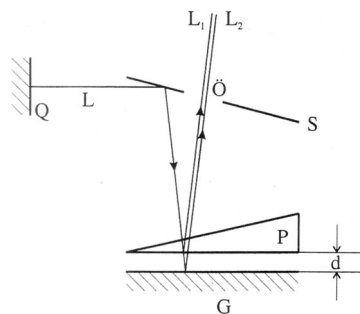


ABB. I.1: Strahlengang (L) im AFI mit Lichtquelle (Q), Spiegel (S), Glasprisma (P) und Glasstempel (G). Die Beobachtung erfolgt über die Spiegelöffnung (Ö).

Betrachtet man sich den Strahlengang im AFI selbst, dann sieht man, dass zwischen L_1 und L_2 ein Gangunterschied von

$$\delta = (AB + BC) - \left(nAD + \frac{\lambda}{2} \right)$$

existiert. Dabei ist zu beachten, dass der optische Weg im Medium des Glasprismas mit einer optischen Dichte behaftet ist und dass am festen Ende es zu einem Phasensprung kommt.

Versuchsprotokolle

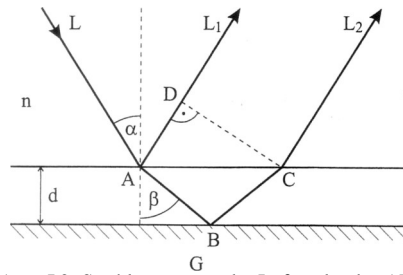


ABB. I.2: Strahlengang an der Luftspalte des AFI.

Daraus folgt unter Verwendung des Brechungsgesetzes:

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

Im Fall $\delta = (2m - 1)\frac{\lambda}{2}$, $m \in \mathbb{N}$ erhält man Auslöschung der Feldstärke. Zählt man die Ringe, die aus dem Zentrum quellen, bei einer Änderung der Luftschichtdicke d , dann erhält man

$$\lambda = 2 \frac{\Delta d}{\Delta m}$$

Da bei Natrium zwei Linien sehr nah benachbart liegen, entsteht im AFI eine Interferenz deren Schwebung. Das bedeutet, man beobachtet lediglich die mittlere Wellenlänge der beiden Spektrallinien. Mittels der Schwebungsfrequenz kann man den Abstand der beiden Wellenlängen voneinander bestimmen. Dabei gilt für zwei benachbarte Kontrastauslöschungen:

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

woraus für $\lambda \gg \frac{\Delta \lambda}{2}$:

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{\Delta m}$$

mit $\Delta m = \frac{2\Delta d}{\lambda}$:

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{2\Delta d}$$

Durchführung

Versuchsobjekt:

Abbe- Fizeau- Interferometer

mögliche systematische Fehler:

3. Fehlerhafte Justierung
4. systematische mess- mechanische Ungenauigkeit

erwartetes Ergebnis:

Werte des Natrium- Dupletts

$$\bar{\lambda} = 589,29475$$

$$\Delta \lambda = 0,5967$$

Versuchsablauf:

- Justierung des Glasprismas
- Bestimmung der mittleren Wellenlänge
- Bestimmung der Wellenlängendifferenz aus der Schwebung

Fehlerquellen:

$$m, d$$

Versuchsprotokolle

Messwerte

Bestimmung der mittleren Wellenlänge

$\Delta m=50$

h_1 [μm]	0	0	15,5	15,5	0	30	
h_2 [μm]	14,5	14,5	30,5	30,25	15,5	44,5	
d [μm]	14,5	14,5	15	14,75	15,5	14,5	$\bar{\lambda}$ [nm]
λ [μm]	0,58	0,58	0,6	0,59	0,62	0,58	591,67

$\Delta m=100$

h_1 [μm]	0	0	0	50	0	0	
h_2 [μm]	29,5	30,5	30,5	80,25	29,5	30	
d [μm]	29,5	30,5	30,5	30,25	29,5	30	$\bar{\lambda}$ [nm]
λ [μm]	0,59	0,61	0,61	0,605	0,59	0,6	600,83

$\Delta m=200$

h_1 [μm]	0	0	
h_2 [μm]	59	59,5	
d [μm]	59	59,5	$\bar{\lambda}$ [nm]
λ [μm]	0,59	0,595	592,5

Bestimmung der Wellenlängendifferenz

h_1 [μm]	120	28	8,5	h_1 [μm]	26	h_1 [μm]	142,5
h_2 [μm]	408,5	314,5	292	h_3 [μm]	608,5	h_6 [μm]	1587
d [μm]	288,5	286,5	283,5	d [μm]	582,5	d [μm]	1444,5
					291,25		288,9

Auswertung/ Darstellung

Bestimmung der mittleren Wellenlänge

$\Delta m=50$	$\Delta m=100$	$\Delta m=200$	$\bar{\lambda}$ [nm]
591,67	600,83	592,50	595,0

Versuchsprotokolle

$$\Delta n = 0,02 \cdot n$$

mit $\Delta d = 1\mu m$

$$\begin{aligned}\Delta\lambda &= \lambda \left(\frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta n}{n} \right) \\ &= \lambda \cdot \left(\frac{1}{7} \left[\frac{3}{50} + \frac{3}{100} + \frac{1}{200} \right] + 0,02 \right) \\ &= 19,975\end{aligned}$$

Bestimmung der Wellenlängendifferenz

288,5	286,5	283,5	291,25	288,9	287,73	$\Delta\lambda$ [nm]
						0,6152

mit $\Delta d = 3\mu m$
 $\Delta\bar{\lambda} = 19,975nm$:

$$\begin{aligned}\Delta\lambda &= \lambda \left(\frac{\Delta\bar{\lambda}}{\bar{\lambda}} + \frac{\Delta d}{d} \right) \\ &= 0,0477\end{aligned}$$

Diskussion

Zwar liegen die Teilergebnisse bezüglich der mittleren Wellenlänge deutlich über der zu erwartenden Wellenlänge (ca. 5 nm), was in der Interferometrie einen gewichtigen Unterschied ausmacht, aber angesichts der ungenauen Skaleneinteilung (μm), ist es nicht besser zu ermitteln. Weiterhin wurde ein Zählfehler von 2% angenommen, was durch das relativ schnelle Herausquellen der Kreise bei kleinen Drehungsschwankungen durchaus gerechtfertigt wird.

Dadurch erfüllen die Ergebnisse innerhalb der dadurch resultierenden Fehlerspanne äußerst gut die bisher bestätigten experimentellen Werte (siehe Durchführung).

Der Versuch ist somit als erfolgreich zu bewerten. Die abgezeichneten Messwerte befinden sich im Anhang.

Jena, 20.01.2003