**PHYSIKALISCHES PRAKTIKUM FÜR FORTGESCHRITTENE**
Technische Universität Darmstadt
Abteilung A: Institut für Angewandte Physik

# Versuch 4.1b: Interferenzrefraktor von Jamin

## Vorbereitung:

Interferenzen gleicher Dicke und gleicher Neigung, Interferometer, Michelson-Versuch, räumliche und zeitliche Kohärenz, Kohärenzlänge, Dispersionstheorie.

| **Literatur:** | | Standort |
|---|---|---|
| *Kohlrausch* | Praktische Physik | L B S |
| *Bergmann, Schäfer* | Lehrbuch der Experimentalphysik, Band 3 | L B S |
| *Paus* | Physik | L B S |
| *Sommerfeld* | Vorlesungen über theoretische Physik | L B S |
| *Born und Wolf* | Principles of Optics | L3-2 |
| *Feynman* | Lectures on Physics, Vol 1,Ch 31, 35 und Vol 2, Ch 11, 32 | L B S |
| *Landolt Börnstein* | Zahlenwerte und Funktionen, II. Band, 8. Teil | Y1-2 |

## Versuchsanleitung

### Einführung

Bei interferometrischen Brechzahlbestimmungen wird aus der Änderung $\Delta\gamma$ des Gangunterschiedes zweier interferierender Teilbündel die Differenz der optischen Weglängen $s(n_1 - n_2)$ bestimmt, die das eine Bündel beim Durchlaufen einer Strecke $s$ in einem Medium mit Brechzahl $n_2$ gegenüber dem anderen im Medium mit $n_1$ erfährt:

$$n_2 - n_1 = \Delta\gamma/s \tag{1}$$

Das Interferenzrefraktometer von Jamin besteht im Wesentlichen aus zwei optisch gleichen, planparallelen Glas-Platten $P_1$ und $P_2$ mit Brechungsindex n. Die erste Platte teilt den einfallenden Strahl in zwei parallele, reflektierte Strahlen 1 und 2, die zueinander einen Gangunterschied $\Delta\gamma$ haben.

$$\Delta\gamma = 2a\sqrt{n^2 - sin^2\delta} \tag{2}$$

Nach Durchlaufen der beiden Küvettenrohre werden beide Strahlen an $P_2$ erneut geteilt. Dabei überlagen sich die Teilbündel 12 und 21, die Bündel 11 und

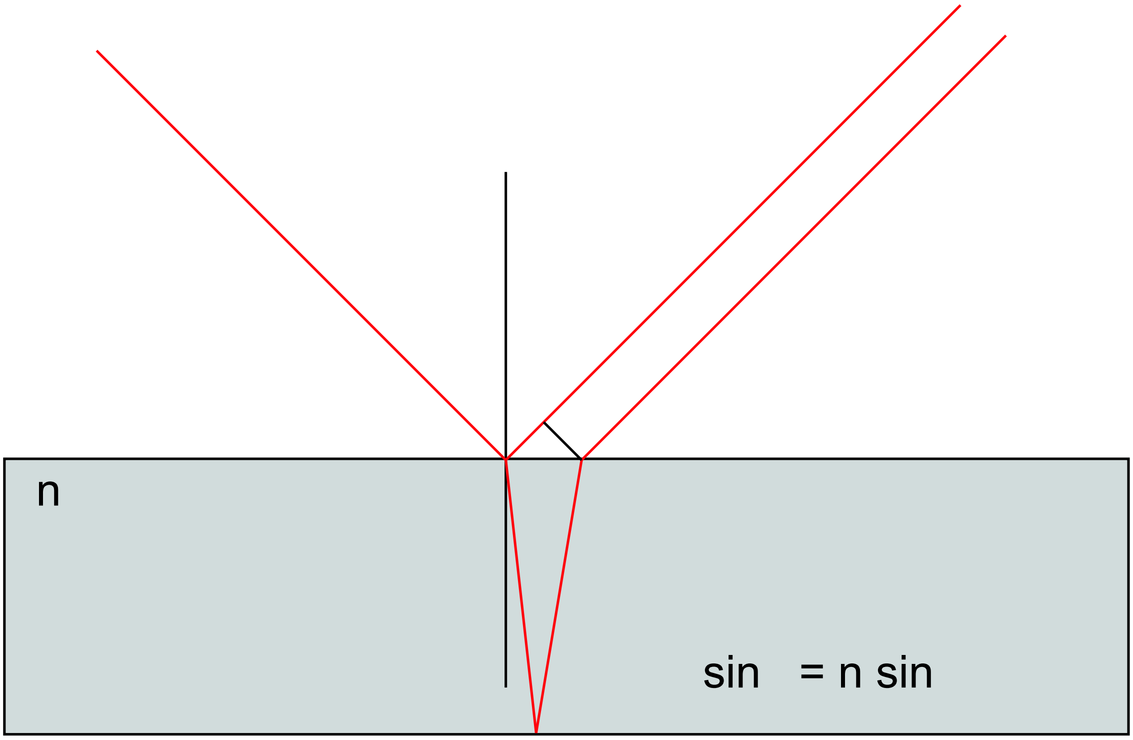


Abbildung 1: Gangunterschied der beiden an einer planparallelen Platte reflektierten Strahlen.

22 werden ausgeblendet. Bei einer kleinen Drehung $\delta$ der zweiten Platte $P_2$ gegen $P_1$ erfahren die Teilbündel 12 und 21 den Gangunterschied

$$\Delta\gamma = \Delta z * \lambda = 2a(\sqrt{n^2 - \ sin^2\ \alpha} - \sqrt{n^2 - \ sin^2(\alpha + \delta)}) = \frac{a\ sin\ 2\alpha}{\sqrt{n^2 - \ sin^2\ \alpha}} * \delta \quad (3)$$

Sind beide Platten vertikal um einen kleinen Winkel verkippt, entstehen Interferenzstreifen im Unendlichen (Brewster´sche Streifen), die als äquidistante, horrizontale Streifen im Fernrohr beobachtet werden können. Durch geeignete Justierung von $\delta$ kann der Streifen nullten Ordnung aufgesucht werden, erkennbar in weißem Licht.

Sind beide Lichtpfade identisch, so ist die nullte Ordnung ein weißer Streifen ohne Farbsäume. Das ist nicht mehr der Fall, wenn sich in beiden Küvetten unterschiedliche Medien befinden. Unterschiedliche Dispersion der Medien längs beider Pfade bewirkt eine Verschiebung des Farbsaum-freien Streifens hin zu einer höheren Ordnung.

Bei starker horrizontaler Neigung der Platten entstehen Interferenzstreifen hoher Ordnung $\Delta z$, die ebenfalls äquidistant, nun aber annähernd vertikal verlaufen und in weißem Licht unsichtbar sind. Die Anzahl $(\Delta z)_{max}$ dieser Streifen hängt von der zeitlichen Kohärenz des verwendeten Lichts, also von $| \frac{\Delta\lambda}{\lambda} | = | \frac{\Delta\nu}{\nu} |$ ab.

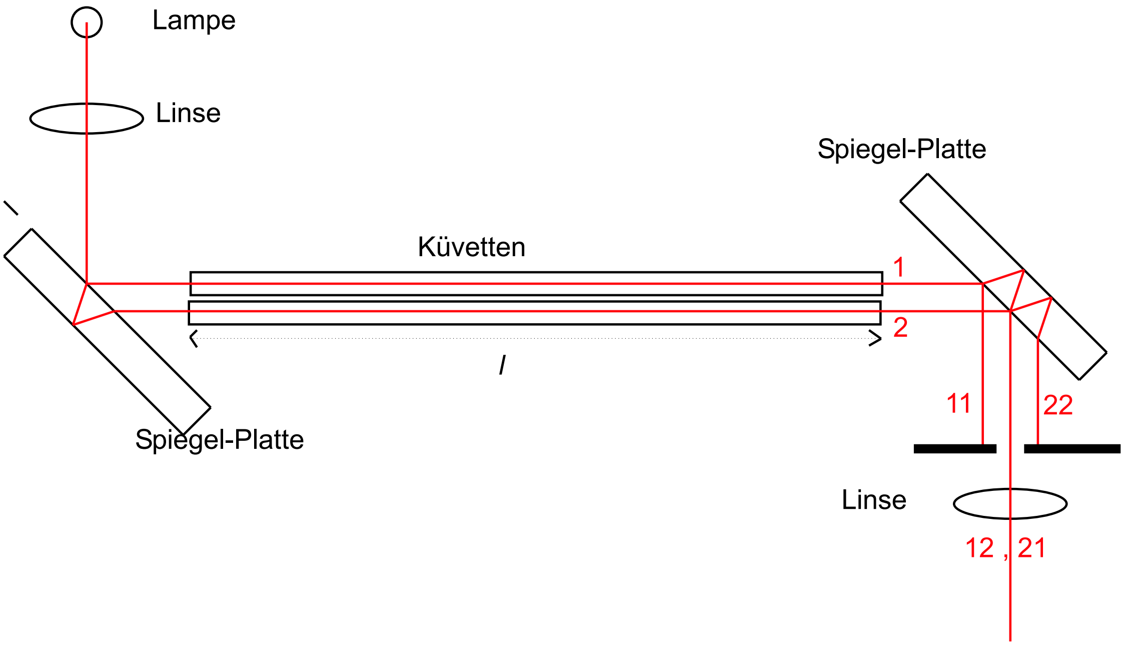


Abbildung 2: Strahlengang im Jamin Interferometer.

Besteht das Licht hingegen aus zwei eng benachbarten, scharfen Linien $\lambda \pm \Delta\lambda/2$ etwa von gleicher Intensität, so überlagert sich den Interferenzen eine Schwebung derart, dass minimaler Kontrast auftritt bei

$$\frac{s}{\lambda - \Delta\lambda/2} - \frac{s}{\lambda + \Delta\lambda/2} = \pm\frac{1}{2}, \pm\frac{3}{2}, \cdots \tag{4}$$

.

Wird durch Druckänderung oder durch Einfüllen eines Gases die Brechzahl und damit der optische Weg in einem der Rohre geändert, so verschieben sich die Interferenzstreifen im Gesichtsfeld. Aus der Anzahl $\Delta z$ der vorbeigelaufenen Streifen ergibt sich der zusätzliche Gangunterschied zwischen den interferierenden Teilbündeln $\Delta\gamma = \Delta z\ \lambda$ und mit ( 3) der Unterschied der Brechzahlen $\Delta n = \Delta z\ \lambda/s$. Hierbei ist $s$ die Länge der Küvettenrohre.

Justieren wir den Winkel $\delta = 0$ , so bedeutet die nullte Ordnung gleiche Anzahl von Wellenlängen in beiden Ästen.

$$0 = \Delta z = \frac{s}{\lambda}(n_2 - n_1) \tag{5}$$

Der dispersionsfreie Punkt ergibt sich, wenn $\Delta z$ nicht von der Wellenlänge $\lambda$ abhängt.

$$0 = \frac{\partial}{\partial\lambda}(\Delta z) = \frac{s}{\lambda}(\frac{\partial n_2}{\partial\lambda} - \frac{\partial n_1}{\partial\lambda}) - \frac{s}{\lambda^2}(n_2 - n_1) \tag{6}$$

Für $\delta \neq 0$ müssen beide Gleichungen (5) und (6) um einen Anteil im Glas der Spiegelplatten ergänzt werden. Um das zu umgehen, kann man bei Gasen mit unterschiedlichen Brechzahlen $n_1$ und $n_2$ den Druck $p$ so anpassen, dass entweder (5) oder (6) für $\delta = 0$ erfüllt ist.

## Versuchsdurchführung

Ein wesentlicher Vorteil des Jamin Interferometers ist es, dass als Apparategrößen nur die Länge $s$ der Küvettenrohre und die Wellenlänge $\lambda = 589,3$nm der Na-Lampe eingehen. Der Gangunterschied $\Delta s$ zwischen beiden Teilbündeln ergibt sich einfach durch Abzählen der durchgelaufenen Interferenz-Streifen.

Will man eine Brechzahlmessung mit Weißlicht durchführen, so muß man die Position der nullten Ordnung bestimmen. Damit geht der eben angeführte Vorteil insofern verloren, als man nun eine Eichung benötigt, die dem Winkel $\delta$ einen Gangunterschied $\Delta s$ zuordnet. Dies geschieht durch eine Eichmessung mit Na-Licht.

## Brechungsindices und Dispersion einiger Gase

Im Sichtbaren kann der Brechungsindex vieler Gase beschrieben werden durch

$$n - 1 \;=\; \frac{C}{\nu_0^2 - (\frac{c_0}{\lambda})^2} \cdot \frac{\rho}{\rho_0} \tag{7}$$

Hierbei sind $c_0$ die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit, $\rho$ und $\rho_0$ die Dichte des Gases tatsächlich beziehungsweise bei Normalbedingungen. Zahlenwerte nach Landolt Börnstein:

| | $O_2$ | $N_2$ | $CO_2$ | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| $C$ $[10^{27}s^{-2}]$ | 3.397 | 5.0345 | 6.2144 | 2.6271 |
| $\nu_0^2$ $[10^{27}s^{-2}]$ | 12804 | 17095 | 14097 | 10697 |

## Aufgaben

1. Justieren Sie die Apparatur, machen Sie sich vorher die Funktionen der verschiedenen Justierschrauben klar. Suchen Sie den Interferenzstreifen nullter Ordnung auf.

2. Messen Sie die Brechzahl von Luft und Sauerstoff in Abhängigkeit vom Druck mit Natriumlicht. ( Auftragen $n = n(p)$; Umrechnen auf Normalbedingungen). Die Länge des Küvettenrohrs beträgt $l = 300 \pm 1$mm. Fehlerabschätzung!

3. Welche elektrischen Eigenschaften lassen sich aus den gemachten Messungen für Sauerstoff- und Stickstoffmoleküle herleiten? Berechnen Sie deren Polarisierbarkeit.

4. Messen Sie den Wellenlängenabstand der beiden Natrium D-Linien. Fehlerabschätzung!

5. Führen Sie eine Messung für Luft wie unter 2 mit weißem Licht durch.

6. Zählen Sie, über wieviele Ordnungen sich der Farbsaum-freie Steifen verschiebt, wenn die eine Küvette maximal evakuiert wird.

7. Messen Sie, bei welchem Überdruck im Sauerstoff sich die gleiche Brechzahl wie in Luft ergibt. Untersuchen Sie dann in Weißlicht, welche Ordnung dispersionsfrei ist. Was folgt daraus für die Brechzahl und die Dispersion von Luft relativ zu den Werten für Sauerstoff?