

# O06 Michelson Interferometer

M. Becker, W. Garen Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven,  
Fachbereich Technik, Abteilung Photonik

Doc. 4. September 2002

## 1.1 Einführung

### 1.1.1 Ziel des Versuchs

Messung der Brechzahl von Luft mit Hilfe des Michelson-Interferometers

### 1.1.2 Aufgabenstellung

- Justieren des Interferometers
- Kalibrierung des Aufbaus
- Messen der Brechzahl von Luft

### 1.1.3 Hinweis

## 1.2 Theorie

### 1.2.1 Interferenz von Licht

Treffen zwei Wellen gleicher Frequenz und (bei Transversalwellen) gleicher Schwingungsrichtung in einem Raumpunkt aufeinander, so addieren sich ihre Elongationen. Die Intensität der Überlagerungswelle in diesem Raumpunkt hängt vom Gangunterschied  $\Delta s$  der beiden Transversalwellen ab. Für

$$\Delta s = k \cdot \lambda \quad (k \in \mathcal{Z}) \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (1.1)$$

ergibt sich maximale Verstärkung (konstruktive Interferenz), für

$$\Delta s = \frac{2k+1}{2} \cdot \lambda \quad (\lambda \in \mathcal{Z}) \quad (1.2)$$

maximale Abschwächung (destruktive Interferenz). Bei gleicher Amplitude der Teilwellen tritt im Fall 1.2 vollständige Auslöschung ein. Das Auftreten solcher Interferenzerscheinungen auch bei Licht ist neben der Polarisierbarkeit der entscheidende experimentelle Hinweis für die Annahme der Wellennatur des Lichtes.

### 1.2.2 Kohärenz von Licht

Zeitlich stabile Interferenzmuster können nur beobachtet werden, wenn die Phasendifferenz zwischen beiden Teilwellen in jedem Raumpunkt zeitlich konstant ist. In diesem Fall werden die Teilwellen als räumlich kohärent bezeichnet. Ist die Phasendifferenz in je zwei Raumpunkten, die von einer Welle getroffen werden, zeitlich konstant, so heißt die Welle zeitlich kohärent. Zeitliche Kohärenz liegt vor bei einem kontinuierlichen, unendlich langen Wellenzug mit konstanter Frequenz. Eine zeitlich und räumlich annähernd kohärente Lichtquelle ist der Laser. Dieser sendet, ähnlich einem elektrischen Sender, praktisch kontinuierliche Lichtwellen aus. natürliche Lichtquellen lassen diese Kohärenz vermissen,

da sie Wellenzüge endlicher Länge und ohne Phasenbeziehung aussenden. Interferenzerscheinungen können nur gesehen werden, wenn der Lichtwellenzug über teilweise Reflexion aufgespalten und nach unterschiedlichen Laufstrecken die beiden Wellenzüge wieder überlagert werden. Hierbei entsteht das Interferenzmuster nur dann, wenn  $\Delta s$  der Teilstrahlen klein gegen die Kohärenzlänge ist.

### 1.2.3 Interferometer

Variiert man den Wegunterschied  $\Delta s$  zweier Teilstrahlen, so verändert sich auch das Interferenzmuster. Nach einer Änderung  $\Delta s = \lambda$  ergibt sich wieder das ursprüngliche Muster. Damit ist es möglich, durch Änderung von  $\Delta s$  um eine bekannte Strecke die Wellenlänge des verwendeten Lichts aus der Anzahl der Helligkeitswechsel zu bestimmen. Umgekehrt kann man bei bekannter Wellenlänge des Lichtes Änderungen des Lichtweges oder des Brechungsindex bestimmen. Abb. zeigt den Aufbau des Michelson-Interferometers, bestehend aus Laser, Strahlteiler, Spiegel 1, Spiegel 2, Meßküvette, Detektor und eventuell einer Ausgleichsglasplatte.

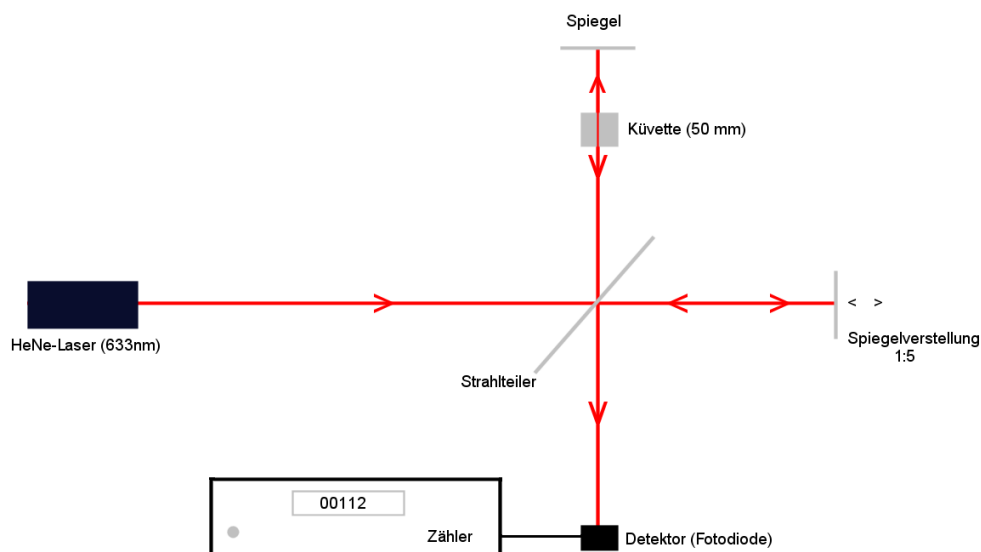


Abbildung 1.1: Interferometer

## 1.3 Versuch

### 1.3.1 Justierung des Interferometers

Laser, Manometer und Zähler einschalten. Am Spiegel 2 befinden sich zwei Justierschrauben, mit denen der Spiegel verkippt werden kann. Nach entfernen der Fotodiode aus ihrer Halterung können die beiden austretenden Teilstrahlen auf einem weit entfernten Gegenstand (z.B. Wand) aufgefangen werden. Durch Drehen an den Justierschrauben werden die beiden Teilstrahlen zur Deckung gebracht. Hiernach sollte ein Interferenzmuster zu sehen sein. Es muß eine Feinabstimmung der Justierung vorgenommen werden, bis die Breite der einzelnen Interferenzstreifen maximal ist. Danach wird die Fotodiode wieder montiert und so justiert, daß die LED am Zähler aufleuchtet und bei Verstellen der Mikrometerschraube das Durchlaufen der Interferenzstreifen zählt.

### 1.3.2 Kalibrierung der Mikrometerschraube

Die Einstellung der Mikrometerschraube wird im Protokoll notiert und dann die Mikrometerschraube soweit in eine Richtung verdreht, bis 100 Interferenzstreifen gezählt wurden. Die so gefundene Einstellung wird ebenfalls protokolliert und der Verstellweg der Mikrometerschraube berechnet. Unter Berücksichtigung der Hebeluntersetzung 1:5 der Mikrometerschraube wird die Spiegelverschiebung bestimmt. Aus der Änderung der optischen Weglänge (Wellenlänge des Lasers:  $\lambda = 633\text{nm}$ ) wird die tatsächliche Spiegelverschiebung errechnet. Für die Berechnung gilt:

$$a = \frac{z \cdot \lambda \cdot 5}{2 \cdot \Delta x} \quad (*) \quad (1.3)$$

Hierin sind  $z$  die Anzahl der Interferenzstreifen und  $\Delta x$  der Drehweg der Mikrometerschraube.

### 1.3.3 Messung der Brechzahl von Luft

Die Küvette wird mit Hilfe der Vakuumpumpe und dem leicht geöffneten Ventil evakuiert. Der angezeigte Differenzdruck  $\Delta p$  wird protokolliert und die Anzahl der durchgelaufenen Interferenzstreifen am Zähler ermittelt. Für die Berechnung gilt:

$$n = \frac{\lambda}{2 \cdot s} \cdot p_0 \frac{\Delta z}{\Delta p} + 1 \quad (*) \quad (1.4)$$

Hierin sind  $p_0$  der Außenluftdruck und  $\lambda$  die Laserwellenlänge.

### 1.3.4 Anmerkung

Führen Sie die Kalibrierung und die Brechzahlmessung 10 mal durch.

## 1.4 Auswertung

- Bestimmung der Kalibrierung der Mikrometerschraube
- Bestimmung der Brechzahl von Luft mit Fehlerrechnung

### 1.4.1 Laserschutz

Bei diesem Versuch gelten die aktuellen Laserschutzbestimmungen. Bitte nehmen Sie reflektierende Gegenstände (Ringe, Uhren ...) ab.

## 1.5 Fragen zum Versuch

Das Praktikumskolloquium bezieht sich auf die wesentlichen theoretischen Grundlagen, die Wirkungsweise der verwendeten Geräte sowie die praktische Durchführung des Versuches.

(\*) Begründung überlegen.