

V401

## Das Michelson Interferometer

Amelie Hater  
amelie.hater@tu-dortmund.de

Ngoc Le  
ngoc.le@tu-dortmund.de

Durchführung: 28.05.2024

Abgabe: 04.06.2024

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>2 Theorie</b>	<b>3</b>
2.1 Michelson Interferometer . . . . .	3
2.2 Vorbereitungsaufgaben . . . . .	4
<b>3 Durchführung</b>	<b>4</b>
<b>4 Auswertung</b>	<b>4</b>
4.1 Berechnung der Wellenlänge . . . . .	4
4.2 Berechnung des Brechungsindex von Luft . . . . .	5
<b>5 Diskussion</b>	<b>6</b>
<b>Anhang</b>	<b>6</b>
Originaldaten . . . . .	6

# 1 Zielsetzung

## 2 Theorie

Das Michelson Interferometer nutzt die Eigenschaft von kohärenten Licht, dass es interferieren kann. Kohärentes Licht ist Licht, welches monochromatisch und in Phase ist. Für die Intensität  $I$  zweier überlagernder Wellen gilt

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cos(\phi_{12}) \quad (1)$$

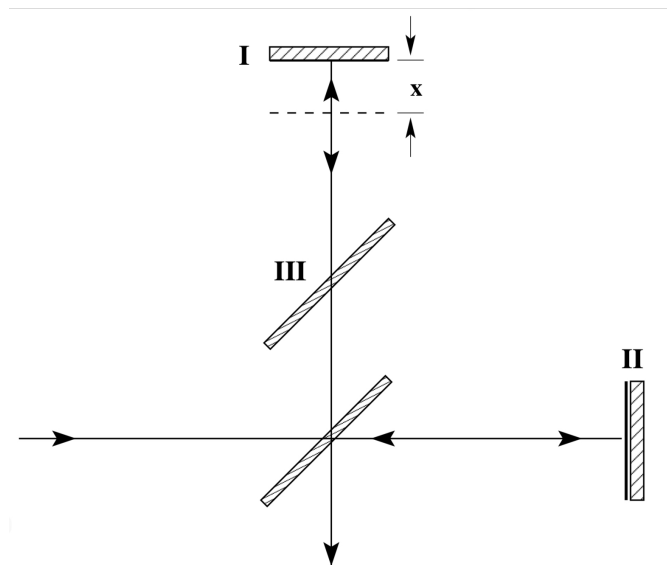
mit  $I_1$  als Intensität der 1. Welle,  $I_2$  als Intensität der 2. Welle und  $\phi_{12}$  als Phasenunterschied. Für die Intensität einer Welle gilt

$$I \propto |E(x, t)|^2. \quad (2)$$

Für Licht gilt die Beziehung  $\Delta\nu \cdot \Delta l = c$  mit  $\Delta l$  als Länge des Wellenzuges,  $\Delta\nu$  als spektrale Bandbreite und  $c$  als Lichtgeschwindigkeit. Daraus lässt sich schließen, dass nur eine unendlich ausgedehnte Welle monochromatisch sein kann. Allerdings lassen sich realistisch auch Kohärenzlängen von 1000 km mithilfe eines HeNe - Lasers erzeugen.

### 2.1 Michelson Interferometer

Das Michelson Interferometer nutzt die Interferenzerscheinungen, um bei bekannter Wellenlänge des Lasers eine Längenänderung oder Brechungsindex genau zu bestimmen. Der schematische Aufbau ist in Abbildung (1) zu sehen.



**Abbildung 1:** Schematischer Aufbau eines Michelson Interferometer.

Das Michelson Interferometer funktioniert dadurch, dass der eingehende Laserstrahl mithilfe einer Teilerplatte in zwei Strahlen aufgeteilt wird, die sich senkrecht zueinander

ausbreiten. Der eine Strahl, der am Spiegel reflektiert wird, wird durch eine Glasplatte (III) geleitet, um auszugleichen, dass der andere Teil des Strahls die Teilerplatte durchdringen musste auf seinem Weg. Dann werden beide Strahlen an einem Spiegel reflektiert. Durch die Teilerplatte werden beide Strahlen wieder zusammengeführt, können interferieren und fallen auf einen Schirm. Der Spiegel (I) kann verschoben werden, wodurch sich die Länge, die der Lichtstrahl zurücklegen muss verändert. Durch eine Verschiebung um eine halbe Wellenlänge wird ein Interferenzmaximum zu einem Interferenzminimum und umgekehrt. Dadurch kann der Abstand  $x$  zu

$$x = \frac{2}{\lambda \cdot z} \quad (3)$$

mit  $z$  als Häufigkeit der Wechsels zwischen Minimum und Maximum.

## 2.2 Vorbereitungsaufgaben

## 3 Durchführung

## 4 Auswertung

### 4.1 Berechnung der Wellenlänge

Die Messung wird von  $x_1 = (6 \pm 0,01)$  mm bis  $x_2 = (11 \pm 0,01)$  mm durchgeführt. Außerdem besitzt die Mikrometerschraube ein Hebeluntersetzungsverhältnis von 1 : 5,046. Demnach ergibt sich für die gemessene Distanz  $x = (0,09909 \pm 0,0020)$  mm. Die gemessenen Impulszählraten über diese Distanz sowie die daraus gemittelte Impulszählrate sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

**Tabelle 1:** Gemessene Impulszählraten über eine Distanz von  $x = (0,09909 \pm 0,0020)$  mm zur Bestimmung der Wellenlänge des Diodenlasers.

$z$
3000
3004
3001
2986
2997
2854
3006
3008
3070
3057
$\bar{z} = 3000 \pm 50$

Anhand von  $\bar{z}$ , der Distanz  $x$  und der Gleichung (??) wird die Wellenlänge des Diodenlasers bestimmt. Daraus folgt

$$\lambda_{\text{exp}} = (661 \pm 12) \text{ nm}.$$

Die Wellenlänge des Diodenlasers laut Herstellerangabe lautet

$$\lambda = 645 \text{ nm}.$$

## 4.2 Berechnung des Brechungsindex von Luft

Die Messwerte zur Bestimmung der Brechungsindices und die gemittelten Werte sind in der Tabelle 2 aufgeführt. Bei dieser Messung wird eine Gaszelle mit einer Länge von  $D = 50 \text{ mm}$  verwendet.

**Tabelle 2:** Gemessene Impulszählraten bei der Evakuierung von der Gaszelle zur Bestimmung der Brechungsindices.

$z_{\text{Evak.}}$	$z_{\text{Belüft.}}$
10	22
13	29
9	29
8	29
9	26
$\bar{z}_{\text{Evak.}} = 9,8 \pm 1,7 \quad \bar{z}_{\text{Belüft.}} = 27,0 \pm 2,8$	

Die Brechungsindices werden mithilfe der Gleichung (??) berechnet. Hierbei ist  $T_0 = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$  die Temperatur bei Normalbedingung und  $\rho_0 = 1019.2 \text{ hPa}$  der Umgebungsdruck. Außerdem ist die Umgebungstemperatur  $T = 21,6^\circ\text{C} = 294,75 \text{ K}$  und der Druck durch die Pumpe lautet  $\Delta\rho = 500 \text{ mmHg} = 666,50 \text{ hPa}$ . Das benötigte  $\Delta n$  wird durch die Gleichung (??) und der theoretischen Wellenlänge bestimmt. Demnach ergeben sich

$$\begin{aligned} \Delta n_{\text{Evak.}} &= (6,3 \pm 1,1) \cdot 10^{-5} \\ \Delta n_{\text{Belüft.}} &= (17,4 \pm 1,8) \cdot 10^{-5}. \end{aligned}$$

Somit folgt für die Brechungsindices

$$\begin{aligned} n_{\text{Evak.}} &= (1,000104 \pm 0,000018) \\ n_{\text{Belüft.}} &= (1,000287 \pm 0,000029). \end{aligned}$$

## **5 Diskussion**

### **Anhang**

#### **Originaldaten**