

Versuch 2: Interferometer

Team 4-11: Jascha Fricker, Benedict Brouwer

14. März 2023

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Experimenteller Aufbau	2
3	Theorie	3
3.1	Ganghöhenbestimmung	3
3.2	Brechungsindex Luft	3
3.3	Brechungsindex Plexiglas	4
4	Experimentelles Vorgehen	4
4.1	Ganghöhe	4
4.2	Brechungsindex Luft	4
4.3	Brechungsindex Plexiglas	4
5	Ergebnisse	5
5.1	Ganghöhe	5
5.2	Brechungsindex Luft	5
5.3	Brechungsindex der Plexiglasplatte	5
6	Diskussion	7

1 Einleitung

Interferometer werden in der Messtechnik für viele verschiedene Aufgaben benutzt. Das Michelson-Interferometer ist eines der bekanntesten Arten von Interferometer, welches unter anderem beim Michelson-Morley Experiment zur Bestimmung der Äther-Geschwindigkeit benutzt wurde. In diesem Versuch benutzen wir es, um den Brechungsindex von Plexiglas und Luft zu bestimmen.

2 Experimenteller Aufbau

Das Michelson Interferometer, wie in der Abbildung 1 gezeigt, besteht aus einem Laser, der durch einen halbdurchsichtigen Spiegel als Strahlteiler in zwei unterschiedliche Wege aufgespalten wird. Am Ende jedes Armes steht ein Spiegel, der das Laserlicht wieder zurück zum Strahlteiler reflektiert. In unserem Versuchsaufbau war einer dieser Spiegel durch eine Schraube verschiebbar. Beide zurückgeworfenen Strahlen interferieren zu einem von den optischen Weglängen der zwei Arme abhängigen Interferenzmuster.

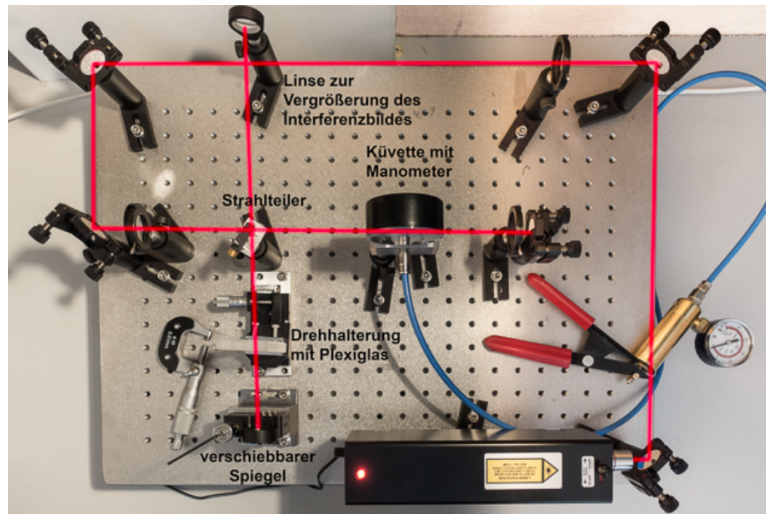


Abbildung 1: Experimenteller Aufbau aus der Aufgabenstellung [1]

3 Theorie

3.1 Ganghöhenbestimmung

Mithilfe der Formeln

$$\Delta s = \frac{N \cdot \lambda}{2} \quad (1)$$

kann man die Verschiebung des Spiegels Δs durch die Anzahl der Maxima N und berechnen. Für die Ganghöhe der Schraube wollen wir den Abstand pro Umdrehung

$$g = \frac{\Delta s}{\Delta x} = \frac{N\lambda}{2\Delta x} = \frac{2500\lambda}{2S} \quad (2)$$

haben, wobei x Anzahl der Umdrehungen und $S = \frac{x}{50}$ die Anzahl an Strichen für 50 Interferenzmaxima ist.

3.2 Brechungsindex Luft

Mit folgenden Formeln sind Brechungsindex n , Druck p und Anzahl gezählter Maxima N verknüpft

$$N \cdot \lambda = 2l \cdot \Delta n \quad (3)$$

$$n = 1 + \frac{\chi}{T}p \quad (4)$$

$$N \cdot \lambda = 2l \cdot \frac{\chi}{T}\Delta p \quad (5)$$

wobei l die Länge der evakuierbaren Kammer ist.

3.3 Brechungsindex Plexiglas

Durch Drehung der Plexiglsscheibe mit Dicke d um Winkel α kann der Brechungsindex n bestimmt werden.

$$N \cdot \lambda = 2 \cdot h \cdot \left(1 - n - \cos(\alpha) + \sqrt{n^2 - \sin^2(\alpha)} \right) \quad (6)$$

$$\tan(\alpha) = \frac{x + c}{d} \quad (7)$$

wobei N die Anzahl an Maxima x die Länge der Schraube und d der Abstand der Schraube vom Drehpunkt ist.

4 Experimentelles Vorgehen

4.1 Ganghöhe

In diesem Experiment wurde die Ganghöhe der Schraube gezählt, mit der der Spiegel am ende einer der Arme der Interferrometer verschoben werden konnte. Dies wurde gemacht, indem drei mal die benötigte Umdrehung der Schraube gemessen wurde, um 100 Interferenzmaxima zu beobachten. Wir haben auch den Wert bei 50 Maxima aufgeschrieben. Aus diesen Werten lässt sich die Ganghöhe wie in 3.1 beschrieben berechnen.

4.2 Brechungsindex Luft

Bei diesem Versuch wurde in einen der Arme des Interferometer eine evakuierbare Kuvette platziert. Diese wurde bis zu einem relativen Druck von -0.8bar lehrgepumpt und anschließend wurde bei jedem dritten Interferenzmaximum, welche durch das langsame Eindringen von Luft durch Undichtigkeiten im Aufbau entstanden, der aktuelle Luftdruck gemessen.

4.3 Brechungsindex Plexiglas

Hier wurde in einen der Arme des Interferometer eine entlag der vertikalen Achse drehbare Plexiglasscheibe platziert. Diese wurde durch eine Mikrometerschraube langsam vom einen zu anderen Anschlag gedreht und dabei, je nach Position, jedes 10., 5., 3., oder 1., Maximum im Interferenzmuster der Wert der Mikrometerschraube aufgeschrieben.

5 Ergebnisse

5.1 Ganghöhe

Aus den 3 Messreihen lässt sich mit der Gleichung 2 eine Ganghöhe des Spiegels von

$$g = 47.58(21)\mu\text{m} \quad (8)$$

pro Schraubendrehung bestimmen. So ist jeder Strich eine Verschiebung um etwa ein Mikrometer. Als Fehler wurden wegen der analogen Messung eine Ungenauigkeit von 0.21 Einheiten in der Schraubenstellung angenommen. Die Abweichung zum Idealwert von $50\mu\text{m}$ kann durch den Backlash bei der Drehung, ein Verbiegen der Halterung durch einseitige Belastung bei Drehung mit dem Imbusschlüssel oder ein ungenaues Zählen erklärt werden.

5.2 Brechungsindex Luft

Mit der Gleichung 3 und einer Küvettenlänge von $l = 49,4(1)\text{mm}$ konnte aus der Anzahl der Maxima die relative Änderung des Brechungsindex Δn berechnet werden. Durch einen Fit der Formel 4, wie im Graphen 2 gezeigt, kann die Proportionalitätskonstante zwischen Brechungsindex und Luft χ und der Brechungsindex n

$$\chi = 7,52(11) \cdot 10^{-7} \text{K Pa}^{-1} \quad (9)$$

$$n = 1 + \frac{7,52(11) \cdot 10^{-7} \text{K Pa}^{-1}}{T} \cdot p \quad (10)$$

bestimmt werden. Berücksichtigt wurden Unsicherheiten beim Luftdruck, bei der Längenmessung der evakuierten Kammer und bei der Temperatur, die zu Zeit der Messung $22.7(1)^\circ\text{C}$ betrug. Als Theoriewert (Siehe [3]) konnte der Brechungsindex von Luft $n = 1.00027653$ bei 15°C , 101325Pa und 450 ppm CO_2 gefunden werden. Aus diesen Werten lässt sich $\chi = 7,864 \cdot 10^{-7} \text{K Pa}^{-1}$ berechnen, welches nahe beim von uns berechneten Wert, aber nicht im Konfidenzintervall liegt.

5.3 Brechungsindex der Plexiglasplatte

Um den Brechungsindex einer Plexiglasplatte zu bestimmen wird diese auf einem rotierenden Tisch, dessen Winkel zum Strahl mit einer Arretierungsschraube eingestellt werden kann, montiert. Aus den abgelesenen Werten kann mit 7 und einer Helbelarmlänge von $d = 28\text{ mm}$ Der Winkel zum Strahl berechnet werden. Die gemessenen Werte wurden nun in Graph 3 mit Funktion 6 gefittet. Dabei erhielten wir für den Brechungsindex einen Wert von

$$n = 1,46337(95) \quad (11)$$

was vergleichbar mit dem Literaturwert von $n_{lit} = 1,5007$ (Siehe: [2]) ist.

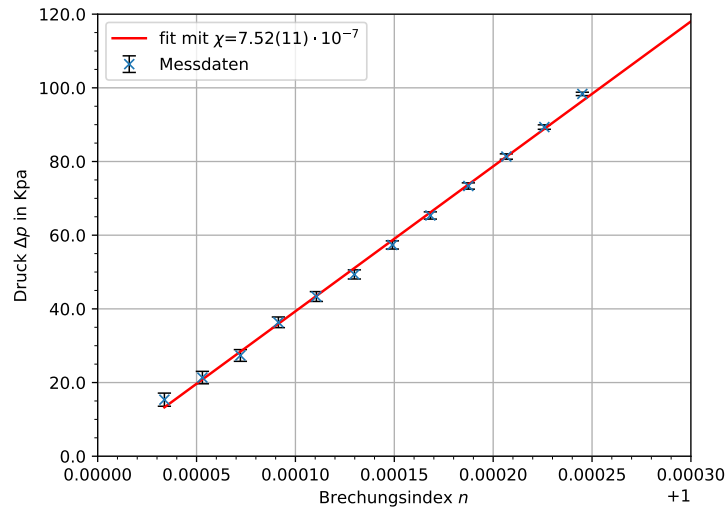


Abbildung 2: Druckabhängiger Brechungsindex

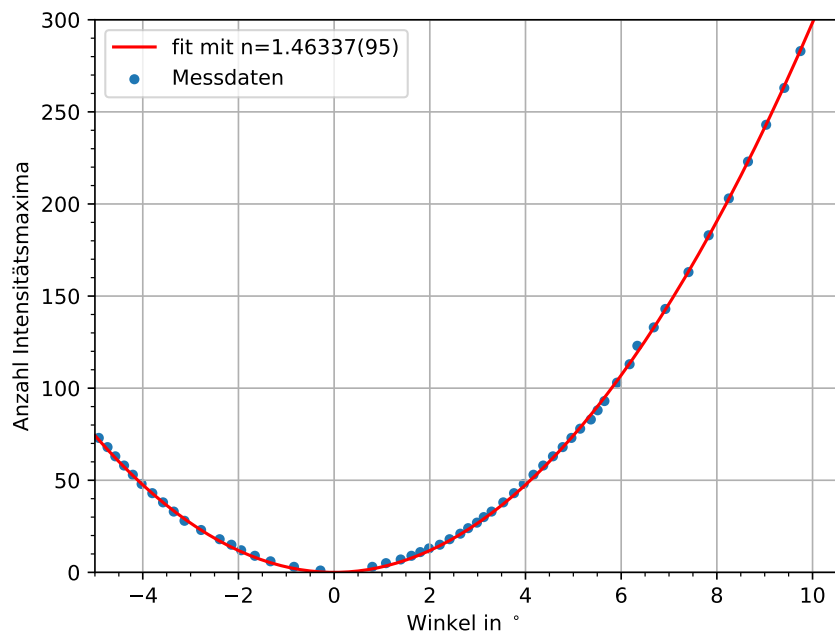


Abbildung 3: Durchlaufene Intensitätsmaxima in Bezug auf den Drehwinkel des Tisches

6 Diskussion

Im Versuch mit dem Michelsen Interferometer konnte erfolgreich die Ganghöhe der Spiegelarretierungsschraube bestimmt werden. Auch der Brechungsindex der Luft konnte als Funktion angegeben werden und liegt in einem sinnvollen Bereich. Bei der Bestimmung des Brechungsindex der Plexiglasscheibe wurde ein Wert bestimmt, der die richtige Größenordnung hat. Ob er genau stimmt, kann nicht überprüft werden, da das genaue Material nicht bekannt ist.

Literatur

- [1] Aufgabenstellung Interferometer. <https://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/ap3/INT.pdf>.
- [2] Refractive Index Database. https://refractiveindex.info/?shelf=other&book=pmma_resists&page=Microchem495.
- [3] Refractive Index Database. Optical constants of Air. [https://refractiveindex.info/?shelf=other&book=air&page=Ciddor, 1996](https://refractiveindex.info/?shelf=other&book=air&page=Ciddor,1996).