

V401

Das Michelson-Interferometer

Jonas Osterholz

Moritz Rempe

Durchführung: 28.05.2019

Abgabe: 04.06.2019

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Theorie	3
2.1	Interferenz von Licht	3
2.2	Michelson-Interferometer	4
	Literatur	5

1 Zielsetzung

In dem folgenden Versuch soll die Wellenlänge eines Lasers, sowie die Brechungsindizes von Licht und einem anderen Gas, mithilfe des Michelson-Interferometers, bestimmt werden.

2 Theorie

2.1 Interferenz von Licht

Da es sich bei Licht um eine elektromagnetische Welle handelt, kann ihre Feldstärke E am Ort x zum Zeitpunkt t mithilfe der Gleichung

$$E(x, t) = E_0 \cos(kx - \omega t - \delta) \quad (1)$$

darstellen. Dabei ist $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ mit der Wellenlänge λ die Wellenzahl, ω die Kreisfrequenz und δ eine beliebige Phase. Hier gilt das Superpositionsprinzip, das elektrische Feld E^{\rightarrow} summiert sich also in einem Raumpunkt. Aufgrund der Schwierigkeit die Feldstärke bei hohen Lichtfrequenzen zu messen, wird die Intensität I gemessen. Die Intensität kann bestimmt werden über

$$I = \text{const} \cdot |E_0|^2. \quad (2)$$

Bei Addition zweier Wellen ergibt sich somit

$$I_{\text{ges}} = \text{const} \cdot 2|E_0|^2(1 + \cos(\delta_2 - \delta_1)). \quad (3)$$

Der letzte Term ist der sogenannte Interferenzterm. Er ist abhängig von den Phasen der beiden einzelnen Wellen. Der Interferenzterm verschwindet bei ungeraden Vielfachen von π .

Im Allgemeinen kann bei verschiedenen Lichtquellen keine Interferenzen auftreten. Dies ist mithilfe der statistischen Entstehung von Licht erklärbar. Wenn zuvor angeregte Atome in ihren Grundzustand übergehen, emittieren Elektronen Lichtquanten in Form von Wellen endlicher Länge. Diese entstehen jedoch verteilt über einen gewissen Zeitraum, weshalb sie auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Beobachtungsort ankommen. Solches Licht wird als inkohärent bezeichnet.

Somit wird für Interfrenzeffekte kohärentes Licht benötigt, also Licht das sich nach 1 mit festem k , ω und δ beschreiben lässt. Dies ist mithilfe von Lasern realisierbar.

Mithilfe des Aufbaus aus Abbildung 2 lässt sich aber auch bei "gewöhnlichen" Lichtquellen ein Interferenzmuster beobachten. Das Licht wird dabei in zwei Lichtstrahlen aufgeteilt und dann an einem Punkt P wieder zusammengeführt. Durch verschieden lange Wege besitzen sie zueinander eine Phasendifferenz, wodurch es zu Interferenzen kommt. Diese Interferenzen sind jedoch nicht so klar wie bei kohärentem Licht. Zudem ist aufgrund der Kohärenzlänge l nicht immer eine Interferenz sichtbar. Da, wie bereits erwähnt, die Lichtwelle nur eine endliche Länge besitzt, ist auch der Emissionsvorgang nur endlich lang. Ist der Wegunterschied größer als die Länge der Wellen, so kann keine Interferenz

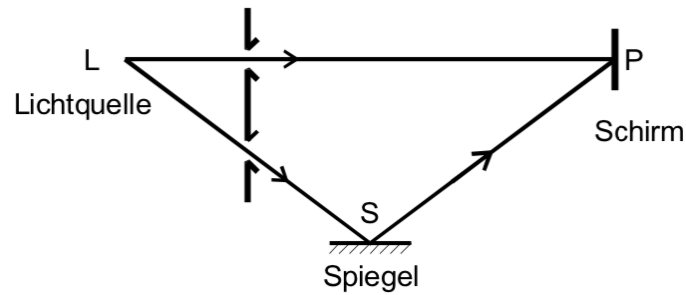


Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau zur Beobachtung von Interferenzen bei gewöhnlichen Lichtquellen [1].

stattfinden, da die Lichtwellen zu unterschiedlichen Zeiten auf den Punkt P treffen. Somit bezeichnet die Kohärenzlänge l den maximalen Wegunterschied, bei dem noch Interferenz festgestellt werden kann. Mit der Anzahl N der bei P maximal beobachtbaren Intensitätsmaxima ergibt sich somit

$$l = N \cdot \lambda \quad (4)$$

2.2 Michelson-Interferometer

Bei dem Michelson-Interferometer teilt sich ein Lichtstrahl an einem semipermeablen Material, wie in Abbildung ?? dargestellt. Ein Teil des Lichtes geht durch das Material

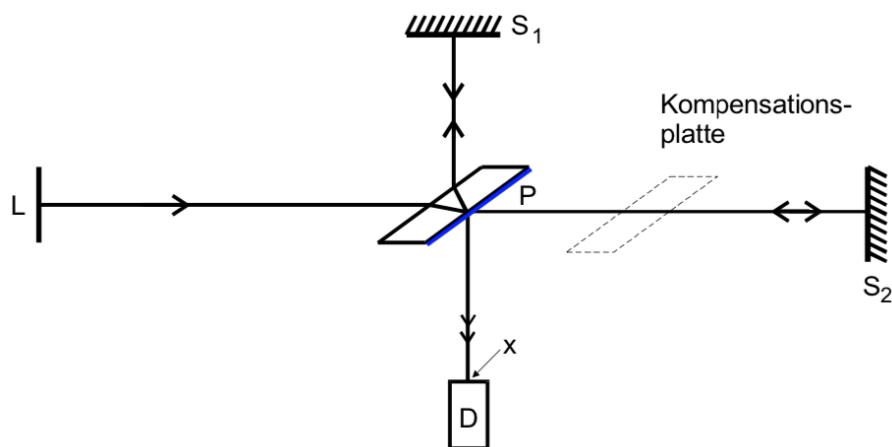


Abbildung 2: Aufbau eines Michelson-Interferometers [1].

und läuft zum Spiegel S_2 , der andere Teil wird reflektiert und läuft zum Spiegel S_1 . An den Spiegeln werden die Strahlen erneut reflektiert und treffen an der Platte P erneut zusammen. Dort wieder aufgeteilt, laufen die jeweiligen Teile der Strahlen parallel zum Detektor D . Diese Strahlen sind nun kohärent, sofern ihr Wegunterschied kleiner der Kohärenzlänge ist. Dies ist erfüllt, wenn die Abstände $\overline{S_1P}$ und $\overline{S_2P}$ fast gleich

sind und zwischen P und S2 eine Kompensationsplatte angebracht wird. Diese Platte gleicht die Weglängen der Strahlen aus. Sind die Abstände gleich, so herrscht an D eine Gangunterschied von $\frac{\lambda}{2}$ und es kommt zur Auslöschung. Wird ein Spiegel um die Strecke Δd verschoben, so ändert sich die Intensität, die der Detektor bei D aufnimmt. Somit lässt sich die Wellenlänge λ der Lichtquelle bestimmen

$$\Delta d = z \cdot \frac{\lambda}{2}. \quad (5)$$

z ist dabei die Anzahl der beobachteten Interferenzmaxima.

Ein Wegunterschied kann auch mithilfe eines Mediums der Länge b mit dem Brechungsindex $n + \Delta n$ erreicht werden (siehe Abb. 3). Aus 5 ergibt sich dann

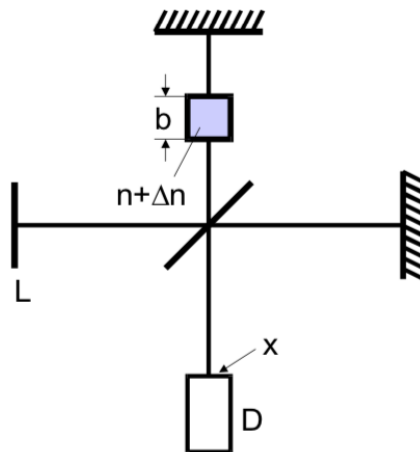


Abbildung 3: Erzeugung eines Wegunterschiedes mithilfe eines Mediums [1].

$$b \cdot \Delta n = z \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (6)$$

Der Brechungsindex kann zum Beispiel bei Gas mithilfe des Drucks gesteuert werden.

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuchsanleitung zum Experiment V401 - Das Michelson-Interferometer*. 2019.