

<i>Gruppe :</i> <i>Namen , Matrikel Nr.:</i>	HS D Hochschule Düsseldorf Fachbereich EI Physikalisches Praktikum	<i>Versuchstag:</i> Vorgelegt: <u>Testat</u> :
---	--	---

V 504 : Michelson Interferometer

Zusammenfassung: _____

<i>Gruppe :</i>	<h1>HS D</h1> <p>Hochschule Düsseldorf Fachbereich EI Physikalisches Praktikum</p>	<i>Korrigiert am:</i>
-----------------	--	-----------------------

1. Korrektur

2. Korrektur

3. Korrektur

Tipler; Physik
Kapitel 33.3 Das Michelson Interferometer

Hering, Martin, Stohrer; Physik für Ingenieure
Kapitel 5.2.4 Interferenz
6.4.1.1 Kohärenz

Vorausgesetzte Kenntnisse

Kohärentes Licht
Überlagerung von Wellen
Gangunterschied
Interferenz
konstruktive, destruktive

Versuchsordnung

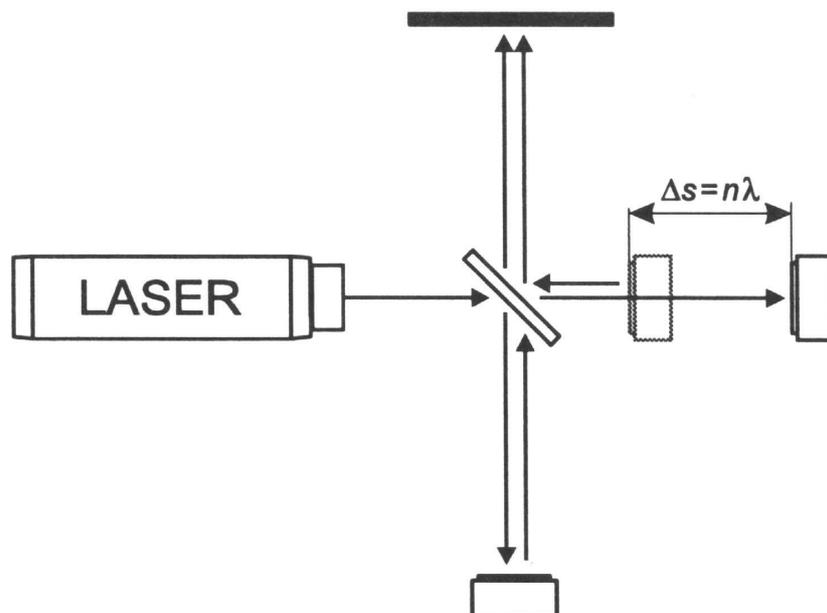


Abbildung 1. Michelson Interferometer, Prinzipskizze

Grundlagen

Interferometrie ist eine sehr genaue und empfindliche Meßmethode zur Bestimmung z.B. von Längenänderungen, Schichtdicken, Brechungsindizes und Wellenlängen. Das Michelson-Interferometer gehört zur Familie der Zweistrahlinterferometer. Die interferometrischen Messungen basieren bei diesem Interferometertyp auf folgendem Prinzip:

Der aus einer geeigneten Quelle kommende kohärente Lichtstrahl wird durch ein optisches Bauelement in zwei Teile aufgespalten. Die Teilstrahlen durchlaufen unterschiedliche Wege, werden in sich reflektiert, schließlich wieder zusammengeführt und überlagern sich. Durch die Überlagerung der Lichtwellen entsteht ein Interferenzbild. Ändert sich nun bei einem dieser Teilstrahlen die optische Weglänge, d.h. das Produkt aus Brechzahl und geometrischem Weg, so erfährt er eine Phasenverschiebung gegenüber dem ungestörten Strahl.

Daraus ergibt sich eine Änderung des Interferenzbildes, aus der man die Änderung der Brechzahl oder des geometrischen Weges ermitteln kann, wenn die jeweils andere Größe konstant geblieben ist.

Bei konstant gehaltener Brechzahl können also Differenzen des geometrischen Weges bestimmt werden, z.B. Längenänderungen von Materialien durch Wärme oder den Einfluß von elektrischen und magnetischen Feldern. Wird dagegen der geometrische Weg konstant gehalten, so können Brechungsindizes oder auch Größen und Einflüsse, die den Brechungsindex verändern, ermittelt werden. Dazu gehören z. B. Druck-, Temperatur- oder Dichteänderungen.

Zur Messung der Wellenlänge des Laserlichts wird einer der Planspiegel mit einem Feinstelltrieb um eine genau bestimmbare Strecke verschoben, wodurch sich die optische Weglänge des betroffenen Teilstrahls ändert. Während dieser Verschiebung wandern die Interferenzstreifen auf dem Beobachtungsschirm. Zur Auswertung werden entweder die Intensitätsmaxima oder die Intensitätsminima gezählt, die an einem festgelegten Punkt auf dem Beobachtungsschirm vorbeilaufen, während der Planspiegel verschoben wird.

Versuchsaufbau und Justierung

Hinweis: Optische Komponenten mit beschädigten oder verschmutzten Oberflächen können Störungen im Interferenzmuster hervorrufen:

Planspiegel, Strahlteiler und Kugellinse sehr sorgfältig behandeln und nicht mit bloßen Händen anfassen.

Die Anordnung des Michelson-Interferometers auf der Laseroptik-Grundplatte ist in Abbildung 2 dargestellt.

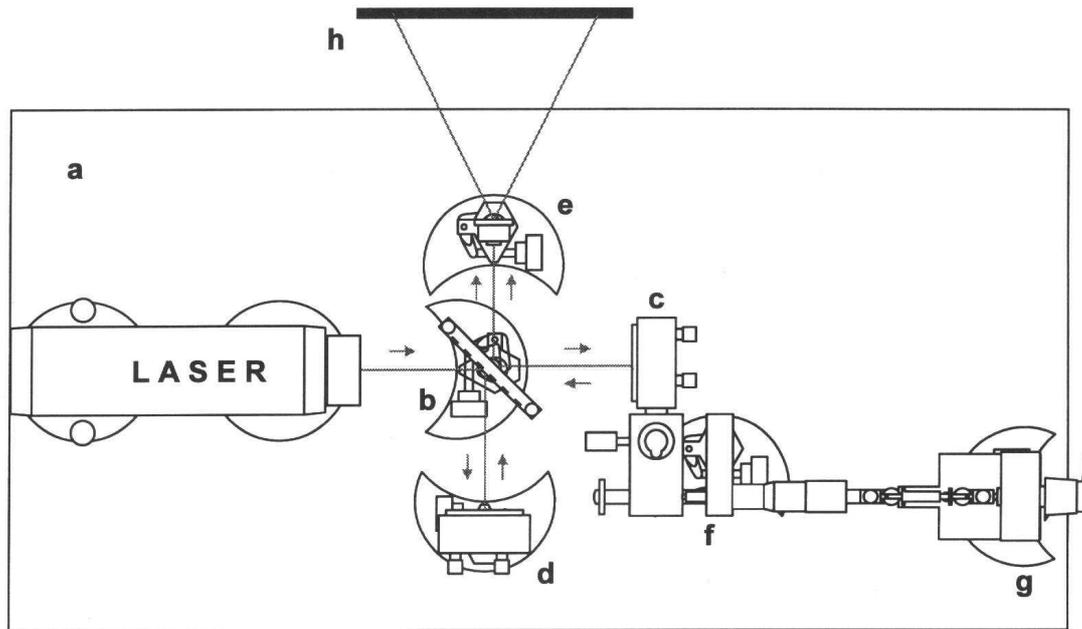


Abbildung 2 Aufbau des Michelson-Interferometers

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| a) Laseroptik | f) Feinstelltrieb |
| b) Strahlteiler | g) Untersetzungsgetriebe |
| c, d) Planspiegel | h) Schirm |
| e) Kugellinse | |



Nicht in den Laserstrahl blicken !
Mit den Augen nicht in die Strahlebene kommen, da sonst
versehentlich Reflexe der Spiegel das Auge treffen können !

Laseroptik-Grundplatte und Laser:

Laser am linken Rand der Grundplatte plazieren. Laser anschließen und einschalten. Höhe und Neigung des Lasers mit Hilfe der Justierschrauben so ausrichten, daß sein Strahl waagrecht etwa 75 mm über der Grundplatte verläuft.

Strahlteiler:

Reflektierter und transmittierter Teilstrahl sollten ähnliche Intensitäten haben:
Bei Verwendung des variablen Strahlteilers darauf achten, daß der Laserstrahl den Strahlteiler etwa in der Mitte trifft.

Zunächst kontrollieren, ob der Strahlteiler (b) das Laserlicht waagrecht reflektiert; dazu den Strahlteiler mit Optik-Fuß am anderen Ende der Laseroptik-Grundplatte in den Strahlengang stellen und den Lichtstrahl neben die Austrittsöffnung des Lasers reflektieren.

Ggf. den Neigungswinkel des Strahlteilers und somit den Strahlverlauf mit Hilfe der zwei Schrauben korrigieren.

Anschließend Strahlteiler gemäß Abbildung 2 unter einem Winkel von 45° in den Strahlengang bringen; dabei die teildurchlässige Schicht des Strahlteilers am besten dem Laser zuwenden.

Planspiegel und Feinstelltrieb:

Neben den Hauptstrahlen treten durch Vielfachreflexionen noch weitere, sogenannte parasitäre Teilstrahlen mit geringerer Intensität auf. Diese Teilstrahlen werden später durch den Linsenhalter ausgeblendet und spielen daher für die weitere Justierung keine Rolle.

Die Qualität des Laserstrahls wird beeinträchtigt, wenn die an den Planspiegeln reflektierten Teilstrahlen genau in die Austrittsöffnung des Lasers zurückfallen.

Planspiegel **(c)** seitlich in den Feinstelltrieb **(f)** einspannen und anschließend den Feinstelltrieb am Optik-Fuß befestigen.

Optik-Fuß unter dem Feinstelltrieb gemäß Abbildung 2 ausrichten, um stabilen Stand zu sichern. die, Kombination Planspiegel **(c)**, Feinstelltrieb **(f)** so auf der Laseroptik-Grundplatte **(a)** plazieren, daß der Planspiegel zentrisch vom Laserstrahl getroffen wird; dabei beachten, daß die Spiegelebene möglichst senkrecht zur Verschieberichtung steht, damit auch beim Verschieben des Spiegels der Strahl immer an der gleichen Stelle reflektiert wird.

Spiegel durch Drehen des Optik-Fußes auf der Grundplatte und Verstellen der Justierschrauben auf der Rückseite so ausrichten, daß der Strahl nahezu in sich reflektiert wird und nach der Transmission durch den Strahlteiler dicht über die Austrittsöffnung des Lasers zurückfällt. Getriebetisch mit Optik-Fuß hinter dem Feinstelltrieb aufstellen.

Optik-Fuß des Untersetzungsgetriebes (g) so verschieben und Getriebetischhöhe so einstellen, daß das Kupplungsgestänge weder völlig gestreckt noch gestaucht wird, weil sonst später die Messung durch Verschieben des Feinstelltriebs verfälscht werden kann.

Winkel zwischen den einzelnen Gliedern der Gelenkkupplung so klein wie möglich halten (auf keinen Fall größer als 45°). Ausrichtung des Planspiegels **(c)** überprüfen und ggf. nachjustieren.

Schirm **(h)** im Sockel befestigen und gemäß Abbildung 2 hinter der Laseroptik-Grundplatte so aufstellen, daß er mittig vom Laserstrahl getroffen werden kann. Planspiegel **(d)** gemäß Abbildung 2 in den vom Strahlteiler **(b)** reflektierten Teilstrahl stellen; dabei eine ähnliche Entfernung zum Strahlteiler wählen wie beim Planspiegel (c).

Planspiegel durch Drehen des Optik-Fußes auf der Grundplatte und Verstellen der Justierschrauben so ausrichten, daß dieser Teilstrahl ebenfalls nahezu in sich reflektiert wird und nach Transmission durch den Strahlteiler mit dem ersten Teilstrahl zusammentrifft.

Die jeweils intensivsten Strahlen der beiden Reflexgruppen auf dem Schirm durch Justieren der Planspiegel **(c)** und **(d)** mit Hilfe der Spiegelstellschrauben vollständig zur Deckung bringen.

Kugellinse:

Zur Aufweitung des Laserstrahls Kugellinse **(e)** (mit kleinerer Strahleintrittsöffnung des Linsenhalters zum Strahlteiler zeigend) zwischen Strahlteiler und Schirm aufstellen.

Kugellinse seitlich und in der Höhe so ausrichten, daß sie von beiden Teilstrahlen axial durchlaufen wird.

Feinjustierung:

Falls noch kein Streifenmuster auf dem durchscheinenden Schirm zu erkennen ist:

Strahlengang durch Ausrichtung des Strahlteilers oder der Spiegel geringfügig verändern, dabei ggf. die Linse nachjustieren.

Breite und Abstand der Interferenzstreifen sind um so größer, je besser die Parallelität der beiden Teilstrahlen zwischen Strahlteiler und Schirm gewährleistet ist:

Durch kleine Veränderungen der Ausrichtung der Spiegel und des Strahlteilers das Interferenzmuster auf ein bequem beobachtbares Format einstellen.

Falls die Feinjustierung nicht zum Ziel führt:
Die Interferometeranordnung nochmals von Anfang an justieren.

Durchführung

Mechanische Erschütterungen der Laseroptik-Grundplatte vermeiden (z. B. nicht am Tisch wackeln).

Entstehung von Luftschlieren im Aufbau, z. B. durch Hineinatmen oder Durchzug, vermeiden.

Eine Stelle auf dem durchscheinenden Schirm **(h)** markieren, an der die vorbeiziehenden Interferenzstreifen gezählt werden können.

Getriebeknopf durch leichtes Anlegen des Fingers an den Hebel des Untersetzungsgetriebes **(g)** langsam und gleichmäßig verstellen (ggf. mehrere Umdrehungen), bis sich die Interferenzstreifen in Bewegung setzen.
Anschließend mit Getriebeknopf mindestens eine weitere Umdrehung vollziehen.

Getriebeknopf weiterdrehen und gleichzeitig die an der Markierung vorbeiziehenden Interferenzstreifen und die Umdrehungen des Untersetzungsgetriebes zählen.

Auswertung und Ergebnis

Die Zahl N der Umdrehungen des Untersetzungsgetriebes, die Gesamtverschiebung Δs des Planspiegels, die Wellenlänge λ des Laserlichts und die Anzahl Z der ausgezählten Intensitätsmaxima stehen in folgendem Zusammenhang:

$$Z \cdot \lambda = 2 \Delta s \quad \text{mit} \quad \Delta s = 5 \mu\text{m} \cdot N$$

Der Faktor 2 tritt in dieser Gleichung auf, da der geometrische Weg sowohl für den ankommenden als auch für den reflektierten Strahl um Δs verändert wird.

Für λ gilt also die Bestimmungsgleichung

$$\lambda = 2 \frac{\Delta s}{Z}$$

Bestimmen Sie die Wellenlänge des verwendeten Lasers mit Angabe der Fehlergrenzen.

Vergleichen Sie ihr Ergebnis mit Literaturwerten.

Aufgabe: Bestimmung des Brechungsindex von Luft

Aufbau:

Gegenüber dem vorhergehenden Versuch wird die Einheit bestehend aus Spiegel mit Untersetzungsgetriebe gegen die Vakuumkammer e) mit Planspiegel c) ersetzt. Die Vakuumkammer und der Spiegel werden so platziert, dass der Lichtstrahl durch die Scheiben der Kammer zum Spiegel gelangt, dort in sich reflektiert wird und durch die Kammer wieder zum Strahlteiler gelangt.

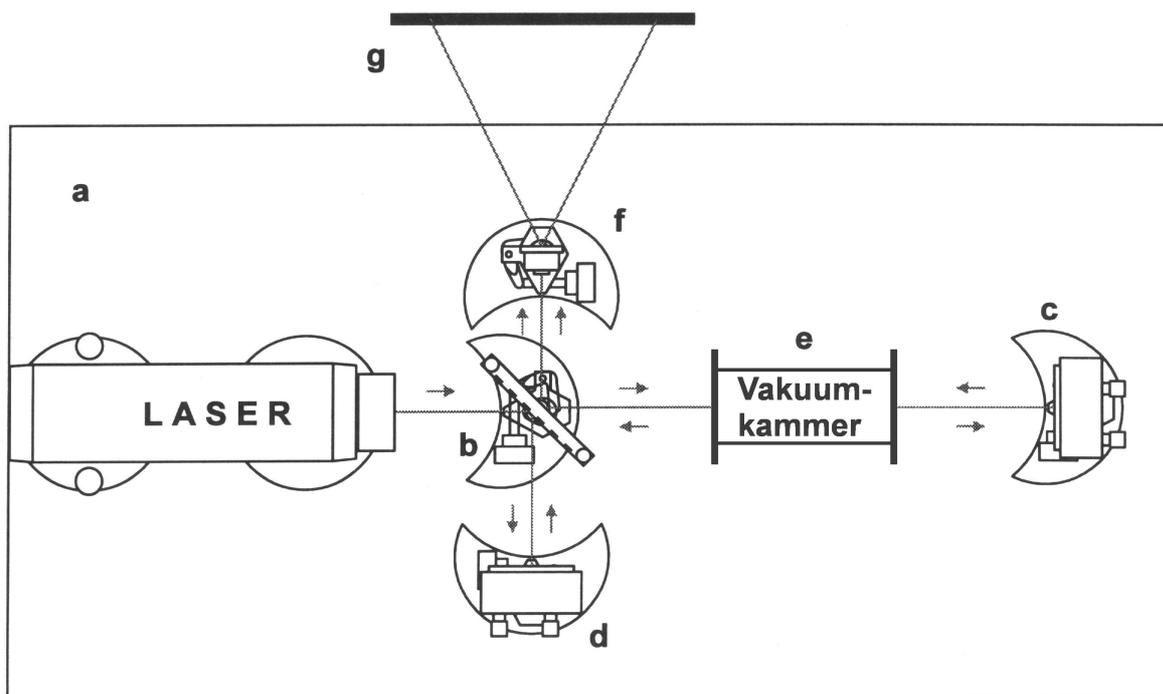


Abbildung 3 Aufbau des Michelson-Interferometers mit Vakuumkammer

a)	Laseroptik	e)	Vakuumkammer
b)	Strahlteiler	f)	Kugellinse
c,d)	Planspiegel	g)	Schirm

Länge der Vakuumkammer: $(80,00 \pm 0,10)$ mm

Umgebungsdruck am Tag der Messung:

Umgebungstemperatur am Tag der Messung:

Wellenlänge des eingesetzten Lasers:

Durchführung:

Der Planspiegel c) muss so justiert werden, dass er senkrecht zum einfallenden Laserstrahl steht, um wie bei dem vorhergehenden Versuch, die bekannten Interferenzmuster zu erzeugen. Die Vakuumpumpe wird bei geöffnetem Feinventil eingeschaltet.

Das Ventil wird geschlossen und man kann beobachten, dass die Interferenzringe beginnen sich zu bewegen. Die Geschwindigkeit des Lichts ist abhängig vom Medium in dem es sich bewegt. Der Druck in der Vakuumkammer nimmt ab und so ändert sich auch die Dichte des Mediums Luft in der Kammer. Die Geschwindigkeit des Lichts ändert sich somit in der Kammer gegenüber der äußeren Umgebung. Der Weg den das Licht zurücklegt lässt sich in einen optischen und einen geometrischen Weg aufteilen. Im Vakuum sind der optische Weg und der geometrische Weg gleich.

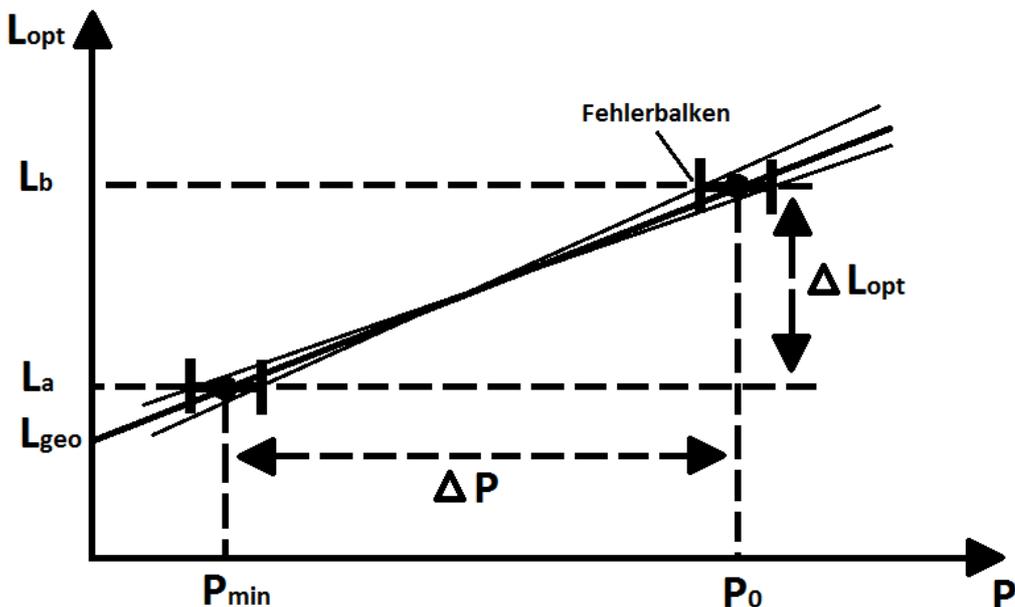
Im Medium gilt: $s = n * l_0$ s : geometrischer Weg

n : Brechungsindex

l_0 : optischer Weg im Vakuum;
 hier der Weg in der Vakuumkammer

Nehmen Sie 7 Messungen vor, bei denen Sie jeweils die Anzahl der Änderungen der Intensitätsmaxima erfassen.

Tragen Sie die Mittelwerte der Messungen über dem Druck auf und bestimmen sie die Steigung der Geraden.



$$L_{opt}(P_0) = \frac{dL_{opt}}{dP} * P_0 + L_{geo}$$

$$n = \frac{L_{opt}}{L_{geo}}$$

$\frac{p}{\text{mbar}}$	z
Aktueller Luftdruck:.....	0
900	
800	
700	
600	
500	
400	
300	
200	
100	
Enddruck:	

z = Anzahl der Hell- / Dunkel- Wechsel

Messfehler bei der Druckablesung: $\Delta p = \pm 5 \text{ mbar}$

Auswertung:

- Fertigen Sie ein Diagramm mit der Intensität über dem Druck an.
- Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Steigung der Geraden und damit den optischen Weg bei Normaldruck.
- Bestimmen Sie den Brechungsindex von Luft bei 1013 mbar und vergleichen Sie ihr Ergebnis mit Literaturwerten.