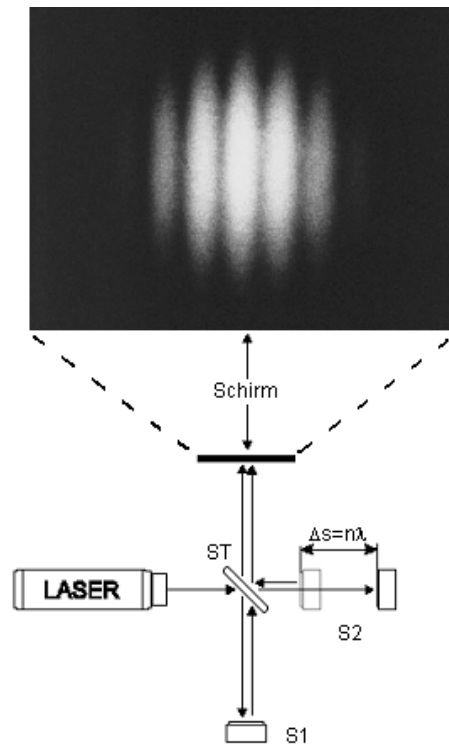


Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W.Pieper

Versuch 17:

Michelson-Interferometer



ST: Strahlteiler

S1: Planspiegel

S2: Planspiegel, verstellbar

1. Versuchsziele

In dem folgenden Versuch wird ein Michelson-Interferometer aufgebaut und das Interferenzmuster beobachtet. Anschließend sollen die Eigenschaften des Interferenzmusters während der Verstellung eines der beiden Planspiegel analysiert werden, um somit die Wellenlänge des Laserlichtes bestimmen zu können.

2. Theoretische Grundlagen

Ein Interferometer ist eine Anordnung, die es erlaubt, räumliche und/oder zeitliche Interferenzen zu erzeugen und messtechnisch zu nutzen. In der einfachsten Anordnung erhält man ein Michelson-Interferometer, dessen Prinzip auf der Titelseite skizziert ist. Die Strahlung einer Quelle (idealerweise eines Lasers) wird an einem Strahlteiler (ST) in 2 Teilstrahlen aufgeteilt und dabei gleichzeitig in die Richtung der Planspiegel S1 und S2 gelenkt. An diesen Spiegeln werden die Teilstrahlen in sich reflektiert und am Strahlteiler wieder vereinigt, wodurch 2 überlagerte Wellen entstehen, von denen eine auf dem Schirm sichtbar wird. Es entsteht das so genannte Interferenzbild. Die zweite Interferenzwelle läuft in die Quelle zurück.

Ändert sich durch Verstellen von S2 die optische Weglänge des einen Teilstrahls, so erfährt dieser eine Phasenverschiebung gegenüber dem unverändert an S1 reflektierten Teilstrahl. Daraus ergibt sich eine Veränderung des Interferenzbildes, aus der man die Änderung der Brechzahl oder des geometrischen Weges ableiten kann, wenn die jeweils andere Größe konstant gehalten wird. Die optische Weglänge entspricht hierbei dem Produkt aus Brechzahl und geometrischem Weg.

Die Komponenten des Interferometers müssen sehr sorgfältig zueinander angeordnet und ausgerichtet werden. Nur bei sehr genauer Justage der Spiegel sind Interferenzstreifen zu beobachten, andernfalls ist der Streifenabstand zu gering.

Mit einem Michelson-Interferometer können bei konstant gehaltener Brechzahl geometrische Wegänderungen 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 der Brechungsindex oder Größen und Einflüsse, die den Brechungsindex verändern, ermittelt werden. Hierzu gehören z.B. Druck-, Temperatur- oder Dichteänderungen.

Der Strahlteiler besteht aus einer planparallelen Glasplatte, die auf der Eingangsseite mit einer dielektrischen Beschichtung bedampft und ausgangsseitig entspiegelt wurde. Hierbei ist zu beachten, dass ein Strahlversatz in Abhängigkeit von der Plattenstärke und dem Einfallswinkel auftritt und dass der Teilstrahl über Spiegel S1 den Strahlteiler ST nur einmal durchläuft, während der Teilstrahl über den verstellbaren Spiegel S2 den Strahlteiler dreimal passiert. Dies hat zur Folge, dass deren optische Wege – bei gleicher geometrischer Weglänge – unterschiedlich sind. Eine mögliche Kompensation könnte durch das Einbauen einer Kompensationsplatte erfolgen, welche parallel zum Strahlteiler in den Strahlengang zum Planspiegels S1 eingeschoben wird und im Material, sowie der Stärke, identisch der Strahlteilerplatte ist.

Mathematische Zusammenhänge:

Eine Umdrehung der Mikrometerschraube entspricht einem Vorschub des Planspiegels S2 von 0,5 mm. Durch das Anbringen des Untersetzungsgetriebes (100:1) wird der Planspiegel um 5 µm pro Umdrehung des Drehknäufes am Untersetzungsgetriebe bewegt. Die Gesamtverschiebung des Planspiegels S2 ergibt sich somit zu

$$\Delta s = 5 \mu\text{m} \cdot N, \tag{1}$$

wobei N die Zahl der Umdrehungen des Drehknäufes am Untersetzungsgetriebe angibt.

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

$$Z \cdot \lambda = 2 \cdot \Delta s \tag{2}$$

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 die Wellenlänge λ gilt also die Bestimmungsgleichung

$$\lambda = 2 \cdot \frac{\Delta s}{Z} \tag{3}$$

3. Versuchsaufbau

Geräteliste

1	Laseroptik-Grundplatte	473 40
1	He-Ne-Laser, linear polarisiert	471 840
1	Laserträger	473 41
5	Optik-Füße	473 42
1	Strahlteiler	473 432
1	Halter für Strahlteiler	473 43
2	Planspiegel, feinjustierbar	473 46
1	Kugellinse, f=2,7mm	473 47
1	Feinstelltrieb	473 48
1	Durchscheinender Schirm	441 53
1	Sockel	300 11
1	Maßstab	311 03

Die Anordnung des Michelson-Interferometers auf der Laseroptik-Grundplatte ist in Abb.1 dargestellt. Beim Versuchsaufbau sind die folgenden Punkte zu beachten.

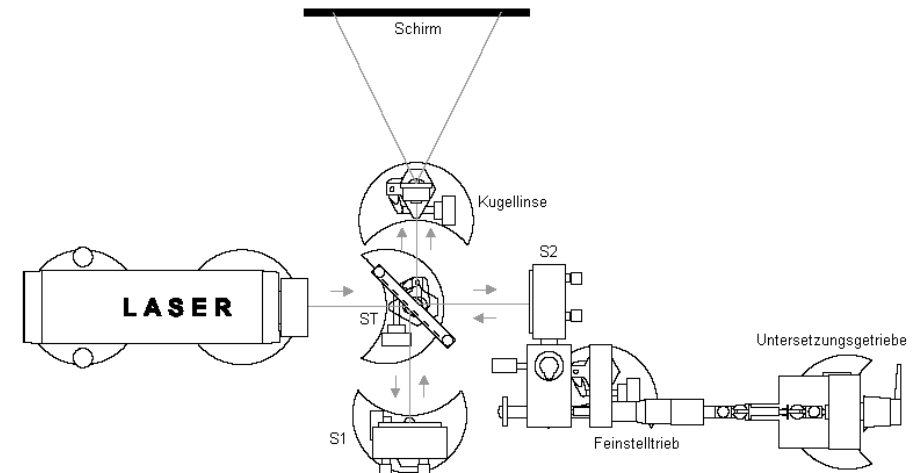


Abb. 1: Aufbau des Michelson-Interferometers auf der Laseroptik-Grundplatte

Laseroptik-Grundplatte und Laser:

Den Laser mit Hilfe der Einstellschrauben bei einer Austrittshöhe von ca. 7,5 cm auf einen Strahlverlauf parallel zur Grundplatte justieren. Zur Überprüfung der Einstellung sollte die Höhe direkt am Laser und am gegenüberliegenden Ende der Platte mit der Kugellinse oder mit einem Maßstab auf Gleichheit kontrolliert werden.

Strahlteiler :

Beim Strahlteiler ST muss die halbdurchlässige Seite (blaue Folie) dem Laser zugewandt sein. Die Höhe des Strahlteilers so wählen, dass der Laserstrahl in der Mitte auftrifft. Zweckmäßig wird der Teiler für diese Einstellung am anderen Ende der Platte positioniert. Die Neigung des Strahlteilers wird über die Madenschrauben so eingestellt, dass der Laserstrahl in den Ursprung zurückgeworfen wird.

Anschließend wird der Teiler ungefähr auf halbem Wege zum Spiegel S2 und dem Laser platziert. Der Strahlteiler muss ca. im 45° Winkel zum Laser stehen.

Planspiegel:

Der Planspiegel S2 wird gemäß Abb.1 in der Abstrahlachse des Lasers platziert. Es ist darauf zu achten, dass der Planspiegel S2 möglichst in der Mitte getroffen wird und senkrecht zum Laserstrahl steht. Anschließend den Planspiegel mit Hilfe der daran befindlichen Stellschrauben so einstellen, dass der reflektierte Laserstrahl nahe der Austrittsöffnung des Lasers zurück reflektiert wird. (Wenn die an den Planspiegeln reflektierten Teilstrahlen genau in die Austrittsöffnung des Lasers zurückfallen, wird die Qualität des Laserstrahls beeinträchtigt).

Der Planspiegel S1 wird so rechtwinklig zum Planspiegel S2 positioniert, dass er ungefähr den gleichen Abstand zum Strahlteiler aufweist und ebenfalls zentrisch vom Strahl getroffen wird.

Durch Verstellung der Planspiegel werden die beiden reflektierten Strahlen auf dem Schirm in Deckung gebracht.

Kugellinse:

Anschließend die Kugellinse zwischen dem Strahlteiler ST und dem Schirm so positionieren, dass der überlagerte Strahl die Linse trifft.

Schirm:

Befestigen sie ein weißes Blatt Papier an dem Schirm und markieren darauf eine Stelle, an der die vorbeiziehenden Interferenzstreifen gezählt werden können.

Hinweise:

- *Planspiegel, Strahlteiler und Kugellinse sorgfältig behandeln, staubfrei aufbewahren und nicht mit bloßen Händen anfassen. Optische Komponenten mit beschädigten oder verschmutzten Oberflächen führen zu Störungen im Interferenzmuster.*
- *Eine Abschattung des Aufbaus oder ein leicht abgedunkelter Raum erleichtert die Justierung.*
- *Neben den Hauptstrahlen treten durch Vielfachreflexionen noch weitere, sog. parasitäre Teilstrahlen mit geringerer Intensität auf. Diese Teilstrahlen werden später durch den Linsenhalter ausgeblendet und spielen daher für die weitere Justierung keine Rolle.*

4. Versuchsdurchführung

- Vorsichtig den Planspiegel S2 mit Hilfe des Untersetzungsgetriebes langsam und gleichmäßig verstellen, bis sich die Interferenzstreifen in Bewegung setzen.
- Zählen und protokollieren sie die an der Markierung auf dem Schirm vorbeiziehenden Interferenzstreifen in Abhängigkeit des Verstellweges und berechnen daraus die Wellenlänge. Wiederholen sie die Messung mehrmals um über mehrere Messungen mitteln zu können.

Hinweise:

- *Der Spiegelschlitten gleitet nur gleichmäßig, wenn die Bewegung entgegen dem Druck der Rückstellfeder erfolgt.*
- *Mechanische Erschütterungen der Grundplatte oder des Tisches sowie die Entstehung von Luftschlieren im Aufbau, z.B. durch Hineinatmen oder Durchzug, vermeiden.*

5. Auswertung

- Stellen sie die Messwerte tabellarisch dar. Berechnen Sie die Wellenlänge der Quelle. Bestimmen sie einen Mittelwert aus ihren Ergebnissen. Vergleich mit der Emissionswellenlänge des He-Ne-Lasers.

Literatur

- [1] Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer-Lehrbuch
- [2] Hecht: Optik, Oldenbourg Wissenschaftsverlag
- [3] Meschede: Gerthsen Physik, Springer