

Physikalisches Praktikum für Anfänger - Teil 1
Gruppe 1 - Optik

1.6 Michelson-Interferometer

Stichwörter: Interferenz, Kohärenz, Michelson-Interferometer, Klasse-2-Laser, Wärmeausdehnung, Magnetostriktion.

Hinweis: zu diesem Versuch wird kein Laborbericht verlangt. Daher wird eine sehr gute Vorbereitung erwartet. Lesen Sie mindestens die am Ende angegebene Literatur gut durch, und recherchieren Sie in anderen Quellen (z.B. andere Aufbauten, Erwartungswerte, usw.) vor den Versuchstag.

1 Michelson-Interferometer

Interferometer dienen zur Messung von Längen oder Längendifferenzen in Einheiten der verwendeten Lichtwellenlänge. Das Prinzip der Messung besteht in einer Zerlegung des zur Messung benutzten, monochromatischen Lichtes in zwei kohärente, verschiedene Wege durchlaufende Strahlenbündel und ihrer anschließenden Wiedervereinigung. Die hierbei auftretenden Interferenzen lassen Rückschlüsse auf den Unterschied der optischen Weglängen beider Bündel und damit auf die von einem Strahl durchlaufene Messstrecke zu.

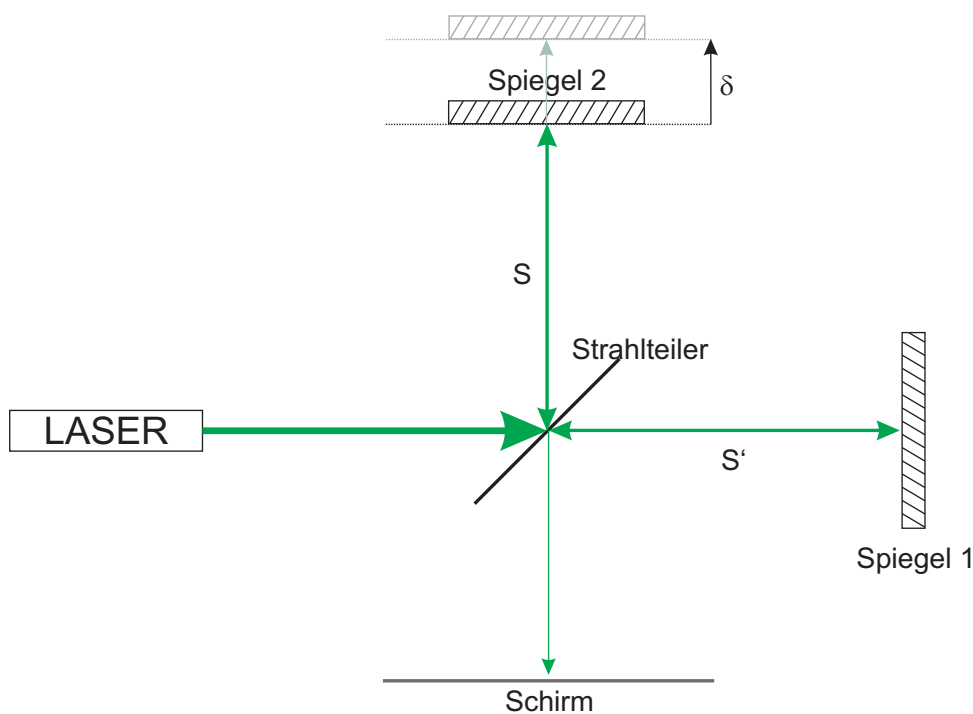


Abbildung 1: Aufbau des Michelson-Interferometers

Sie lassen sich aber umgekehrt bei bekannter Länge einer Messstrecke auch dazu verwenden, kleine Wellenlängendifferenzen zu messen. Die Genauigkeit dieser Messungen beträgt Bruchteile von Wellenlängen,

so dass Interferometer zu den genauesten Präzisionsinstrumenten gehören. Das hier verwendete Interferometer entspricht in seinem Aufbau dem von *Michelson*.

2 Vorbereitungsaufgaben

Vor dem Versuchstag, lesen Sie die angegebene Bibliographie und suchen Sie auch eigenständig andere zusätzliche Quellen um die Vorbereitungsfragen zu beantworten.

1. Erklären Sie welche Laser-Sicherheitsklassen es gibt.
2. Erklären Sie den Begriff der Kohärenz.
3. Erklären Sie die historische Wichtigkeit des Michelson-Interferometers. Ist das Messprinzip des Michelson-Interferometers auch heute von Bedeutung?
4. Erklären Sie das Messprinzip des Michelson-Interferometers.
5. Nehmen Sie an, dass Spiegel 2 sich um einen kleinen Weg δ verschiebt. Bestimmen Sie die Anzahl an Maxima n die auf dem Bildschirm entstehen in Abhängigkeit der Wellenlänge des Lasers λ .
6. Was ist Magnetostriktion?

3 Messung der Magnetostriktion

In diesem Versuchteil wird die Magnetostriktion des Materials in Abhängigkeit der angewendeten Magnetfeldstärke gemessen. Dafür wird eine ganze Hystereseschleife durchlaufen: Angefangen wird bei der positiven Sättigung, dann wird das Magnetfeld bis auf 0 T reduziert, in dem Punkt wird die Spule umgepolt und das Magnetfeld wieder bis zur negativen Sättigung erhöht, anschließend wird der Betrag des Magnetfeldes wieder auf 0 T gebracht, die Spulen werden wieder umgepolt, um dann die Hystereschleife wieder im positiver Sättigung zu schließen.

Um die Ausdehnung δ des Materials zu bestimmen, braucht man das Ergebnis aus der Vorbereitungsaufgabe Nr. 4. Die Wellenlänge des Lasers beträgt 532 nm.

Achten Sie darauf, dass die Temperatur des Stabes so konstant wie möglich während der Ganzen Messung bleiben soll. Deswegen sollte diese Messung schnell erfolgen insbesondere wenn hohe Magnetfelder angewendet werden. Ströme größer als 1.5 A dürfen maximal 1 Minute lang durch die Spule fließen. Um die Messung zu beschleunigen, können Sie die Bewegung der Ringe in Abhängigkeit der Ströme mit einem Handy aufnehmen.

1. (**Laborsicherheit**) Sie verwenden in dem Versuch einen Klasse-2-Laser und mehrere Spiegel. Schreiben Sie eine Gefahrenbeurteilung in Ihrem Laborbuch auf. Wie können Sie die Verletzungsgefahr auch anderer Anwesenden in dem Raum reduzieren?
2. Bauen Sie das Interferometer gemäß der beiliegenden Anleitung auf.

3. Stecken Sie in die Spule den Ni-Stab ein (Thermoelement ist für diese Messung nicht nötig).
4. Erhöhen Sie den Strom der Spule bis zum Anschlag der Stromquelle.
5. Reduzieren Sie den Strom auf 0 A. Jetzt hat der Ni-Stab die Remanezmagnetisierung.
6. Polen Sie die Bananenstecker um und Schalten Sie Ihr Videoaufnahmegerät an. Auf dem Bild sollten die Ringe und die Stromanzeige gleichzeitig sichtbar sein. Drehen Sie den Strom langsam bis zum Anschlag auf und drehen Sie dann den Strom auch langsam zu und stoppen Sie die Aufnahme (insgesamt sollte der ganze Vorgang ungefähr eine Minute dauern).
7. Schalten Sie den Netzteil aus und notieren Sie die Materiallängenveränderung δ , aufgrund der erschienenen Maxima auf dem Schirm (aus der Vorbereitungsaufgabe Nr. 5), in Abhängigkeit des Magnetfeldes. Währenddessen kann das System Spule-Nickelstab abkühlen um den thermischen Ausdehnungsfehler zu verringern.
8. Polen Sie die Bananenstecker um und Schalten Sie Ihr Videoaufnahmegerät an. Auf dem Bild sollten die Ringe und die Stromanzeige gleichzeitig sichtbar sein. Drehen Sie den Strom langsam bis zum Anschlag auf und drehen Sie dann den Strom auch langsam zu und stoppen Sie die Aufnahme (insgesamt sollte der ganze Vorgang ungefähr eine Minute dauern).
9. Schalten Sie den Netzteil aus und notieren Sie die Materiallängenveränderung δ , aufgrund der erschienenen Maxima auf dem Schirm (aus der Vorbereitungsaufgabe Nr. 5), in Abhängigkeit des Magnetfeldes (diesmal ist die Magnetfeldrichtung negativ).
10. Tragen Sie die Magnetostriktion ($\frac{\delta}{\delta_0}$ wo $\delta_0 = 10,3 \text{ cm}$) über der Magnetischen Feldstärke auf Millimeterpapier auf. Erklären Sie ausführlich die Resultate.

4 Bestimmung der Wellenlänge des Lasers

Mit Hilfe der Gleichung aus der Vorbereitungsaufgabe 4 kann man die Wellenlänge einer Lichtquelle mit dem Michelson-Interferometer bestimmen. In diesem Interferometer wird die Wärmeausdehnung eines Kupferstabes ausgenutzt um den Spiegel zu bewegen.

1. Bauen Sie das Interferometer gemäß der beiliegenden Anleitung auf.
2. Schalten Sie das Temperaturmessgerät ein. Achten Sie darauf, dass es eine „Auto off“ Funktion hat. Während der Messung werden Sie vielleicht das Messgerät wieder einschalten müssen.
3. Verbinden Sie die Spule mit dem Netzteil. Stellen Sie den Strom der Spule auf 1,5 A.
4. Bestimmen Sie die Anzahl an Interferenzmaxima, welche erscheinen bis die Temperatur des Kupferstabes um 10°C gestiegen ist.
5. Stellen Sie den Strom der Spule auf 0 A und schalten Sie den Netzteil aus.
6. Bestimmen Sie die Anzahl an Interferenzmaxima, welche erscheinen bis die Temperatur des Kupferstabes um 5°C gesunken ist.
7. Bestimmen Sie die Wellenlänge des Lasers; der Ausdehnungskoeffizient des Stabes beträgt: $\alpha = 1,92 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ und die Länge beträgt 10,3 cm.

Literatur:

- W. Demtröder *Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik*, Kap 10.1, 10.2, 10.3.4, 10.3.5., 6. Auflage (2013).
- <https://www.ligo.caltech.edu/page/ligos-ifo>
- J. Hartmut, *Unkonventionelle Aktoren: eine Einführung*, Kap 3, 2. Auflage (2013).

7.2016/Ra, VdM