



Michelson-Interferometer

1 Lernziele

Aufbau und Funktionsweise von Interferometern, Räumliche und zeitliche Kohärenz, Kohärenzeigenschaften verschiedener Lichtquellen, Interferenzfähigkeit von elektromagnetischen Wellen.

2 Vorausgesetzte Kenntnisse

1. Interferenz: Grundlagen von Zweistrahlinterferenz
2. Räumliche und zeitliche Kohärenz
3. Interferometertypen
4. Aufbau und Funktionsweise eines Michelson-Interferometers
5. Spektrum einer Niederdruck-Quecksilberdampf Lampe

3 Literatur

- Alonso, Finn: *Physik*
- Bergmann, Schaefer: *Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. 3: Optik*
- Hecht: *Optik*
- Westphal: *Physikalisches Praktikum*
- Walcher: *Praktikum der Physik*
- Hering, Martin, Stohrer: *Physik für Ingenieure*
- Gerthsen: *Gerthsen Physik*
- Literaturmappe

4 Präsenzaufgaben

1. Charakterisieren Sie das gelbe Liniendublett der Quecksilberdampf-Lampe.
 - a) Bestimmen Sie zunächst die mittlere Wellenlänge $\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$ der benachbarten gelben Linien.
 - b) Bestimmen Sie den spektralen Abstand der beiden Linien des Hg-Dubletts.

2. Ermitteln Sie die Kohärenzlängen von
- Weißlicht mit Filter I (grün)
 - Weißlicht mit Filter II (grün)
 - Weißlicht ohne Filter
 - wieder mit der Hg-Lampe und Filter I
- und diskutieren Sie das Ergebnis.

5 Versuchsdurchführung

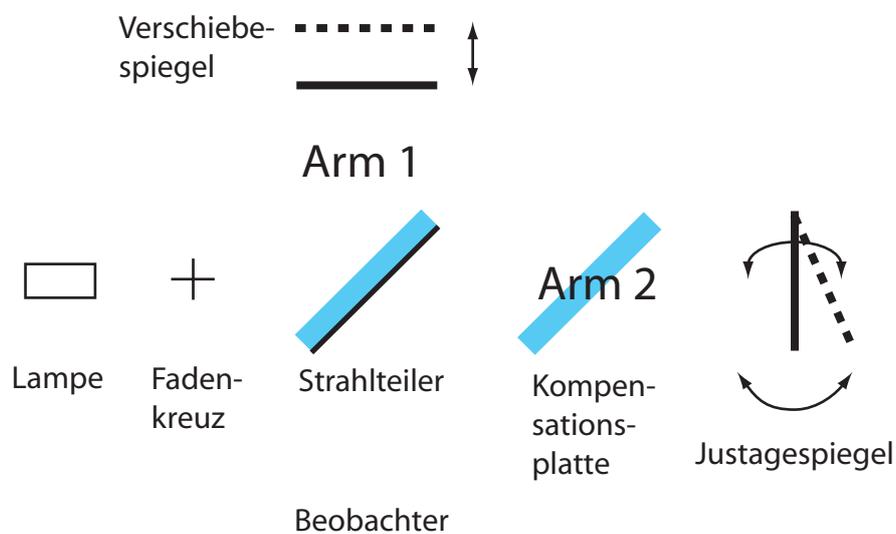


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des verwendeten Michelson-Interferometers.

Hinweis: Das Interferometer ist ein hochwertiges Präzisionsgerät; es muss mit äußerster Sorgfalt behandelt werden! Lassen Sie sich beim Justieren vom Assistenten anleiten und beraten.

Im Michelson-Interferometer werden zwei Lichtbündel zur Interferenz gebracht, nachdem sie verschiedene optische Wege in Arm 1 bzw. Arm 2 durchlaufen haben.

Das Licht der Lampe passiert ein Fadenkreuz und trifft auf den Strahlteiler, eine frontseitig entspiegelte, rückseitig halbdurchlässig verspiegelte Planplatte.

Der in den Arm 1 reflektierte Lichtanteil trifft auf die plane Oberfläche des Verschiebespiegels und wird dort reflektiert. Ein Teil der reflektierten Strahlung passiert den Strahlteiler in Richtung Beobachter.

Der in den Arm 2 durchgelassene Lichtanteil passiert zunächst eine Kompensationsplatte (wofür wird diese benötigt?) und trifft auf die plane Oberfläche vom Justagespiegel, der sich mittels zweier Mikrometerschrauben neigen und kippen lässt. Der reflektierte Lichtanteil gelangt nach Reflexion am Strahlteiler zum Beobachter.

In Abhängigkeit der Spiegelposition lassen sich bei kohärenter Beleuchtung konzentrische Ringe oder Streifen beobachten.

6 Grundjustage des Michelson-Interferometers

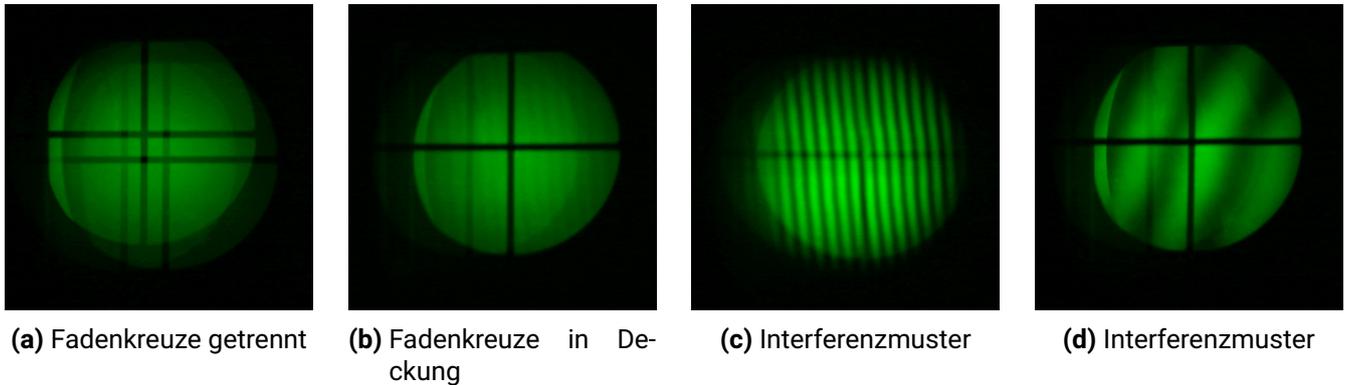


Abbildung 2: Beispielhafte Einstellungen für die Hg-Lampe mit Filter I

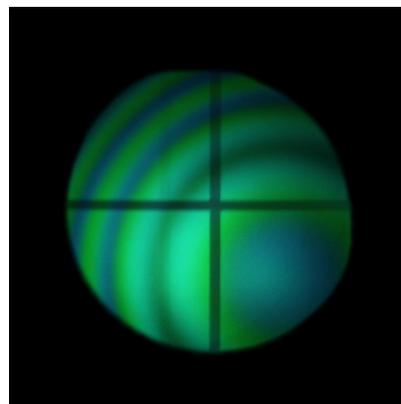


Abbildung 3: Konzentrische Interferenzringe, Weißlicht

Als Lichtquelle verwendet man die Hg-Niederdrucklampe und das Filter I (grün). Um konzentrische Ringe zu sehen geht man wie folgt vor:

Blickt man in Richtung Arm 1 in das Interferometer (Auge ca. 25 cm vom Gerät entfernt), so sieht man drei reflektierte Bilder des Drahtkreuzes (Abb. 2a). Bild 1 sieht man über Arm 1, Bild 2 über Arm 2. Bild 2a entsteht im Arm 2 durch Reflexion an der Vorderseite des Strahlteilers.

Durch **vorsichtiges** Drehen an den Justierschrauben des justierbaren Spiegels bringt man Bild 2 mit Bild 1 zur Deckung (Abb. 2b). Erst wenn sich die beiden Bilder sowohl in horizontaler, wie in vertikaler Richtung genau decken, treten zunächst meist feine Interferenzstreifen auf (ähnlich Abb. 2c oder 2d). Stellt man durch weiteres vorsichtiges Justieren die Spiegeloberfläche senkrecht zum Strahlengang erhält man schließlich konzentrische Interferenzringe (Abb. 3). Zwischen den Spiegeln befindet sich nun eine planparallele Luftplatte. Verschiebt man jetzt den Verschiebespiegel durch Drehung der Mikrometerschraube ändert sich das Interferenzmuster. Je geringer dabei der Gangunterschied zwischen den beiden Teilstrahlen ist, desto weniger Ringe sind sichtbar.

Verschiebt man den beweglichen Spiegel derart, dass die Dicke der Luftplatte **zunimmt**, so quillt bei Verschiebung des Spiegels um jeweils $\lambda/2$ ein Ring nach dem anderen aus dem Zentrum der Beugungsfigur. **Verringert** man die Stärke der Luftschicht, so ziehen sich die Ringe zusammen und scheinen im Zentrum zu verschwinden.

Nähert man sich der Stellung gleicher Lichtwege in beiden Armen des Interferometers, so nimmt die Dicke der *Luftplatte* zuerst ab bis Null, wächst dann aber wieder an, wenn man sich von der Nullposition entfernt.

7 Bestimmung der mittleren Wellenlänge

Verwenden Sie für diese Messung Filter III (gelb). Durch Abzählen der Ringe, die erzeugt bzw. vernichtet werden, kann man die Verschiebung des Spiegels auf die Wellenlänge des Messlichts zurückführen.

Dabei ist die apparative Besonderheit zu beachten, dass der Spiegel bei einer Verschiebung der Mikrometerschraube um Δa nur einen Weg von $\Delta a/5$ zurücklegt. Außerdem ist die Änderung des Gangunterschiedes der beiden Lichtwege natürlich gleich der doppelten Spiegelverschiebung. Deshalb gilt mit den Bezeichnungen N = Anzahl der erzeugten (verschwindenden) Interferenzringe und λ = Wellenlänge des verwendeten Lichtes:

$$\frac{\Delta a}{5} = \frac{N \cdot \lambda}{2} \quad (1)$$

Zur Bestimmung der mittleren Wellenlänge zählen Sie 50 Ringe und schätzen die Messunsicherheit ab.

8 Bestimmung des spektralen Abstands

Verwenden Sie zu dieser Messung das Filter III (gelb). Den beiden Linien mit den Wellenlängen λ_1 und λ_2 sind zwei sich überlagernde Ringsysteme zugeordnet. Bei ausgezeichneten Spiegelstellungen ist die Überlagerung derart, dass die Maxima bzw. Minima beider Systeme zusammenfallen; die Ringe sind dann besonders deutlich erkennbar.

Exakt fällt natürlich jeweils nur ein Ringpaar zusammen, aber das Interferenzbild sieht so aus, als ob eine größere Anzahl von entsprechenden Ringpaaren aufeinanderfallen würde. Bei anderen ausgezeichneten Spiegelstellungen fallen die Maxima des einen auf die Minima des anderen Ringsystems; das Bild verschwindet.

Verschiebt man den Spiegel von einer Stellung, bei der das Bild verschwindet, zur nächsten Stellung, bei der das Bild verschwindet, so sind k Ringe des Systems von λ_1 vorbeigelaufen und $k + 1$ Ringe des Systems von λ_2 . Daraus kann die Wellenlängendifferenz $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$ ermittelt werden. Es gilt:

$$k \cdot \lambda_1 = (k + 1) \cdot \lambda_2 \quad (2)$$

Daraus folgt

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_2}{k}. \quad (3)$$

Da das Abzählen der Ringe nicht möglich ist, bestimmen wir stattdessen die Spiegelverschiebung bzw. die Änderung des Gangunterschiedes.

$$\frac{\Delta a}{5} = \frac{k \cdot \lambda_1}{2} \quad (4)$$

und somit

$$\Delta\lambda = \frac{5 \cdot \lambda_1 \lambda_2}{2 \cdot \Delta a} \approx \frac{5}{2} \cdot \frac{\lambda^2}{\Delta a} \quad (5)$$

Führen Sie die Messung für 5 Einstellungen durch bei denen die Ringe verschwinden und ermitteln Sie daraus $\Delta\lambda$. Fehlerrechnung!

9 Bestimmung der Kohärenzlänge

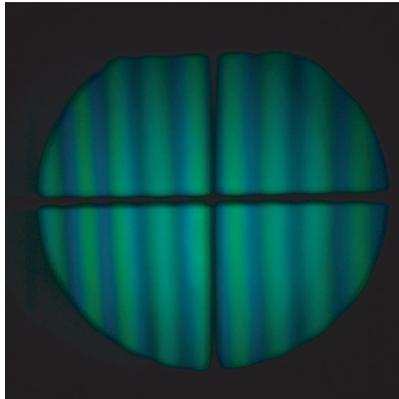


Abbildung 4: Interferenzstreifen bei keilförmiger Luftplatte.

Verwenden Sie zunächst Filter I und die Hg-Lampe. Ausgehend von perfekt konzentrischen Kreisen bewegen Sie den Verschiebespiegel so, dass sich die Ringe zum Zentrum hin zusammenziehen. Man verringert dadurch den Gangunterschied zwischen den beiden Teilstrahlen und die Anzahl der sichtbaren Ringe nimmt stark ab. Unter Umständen ist es dabei erforderlich durch vorsichtiges Verkippen des Justagespiegels den Mittelpunkt der Kreise nachzubessern. Nähert man sich der Position gleicher Lichtwege in beiden Armen, so ist schließlich nur noch ein einziger heller Fleck im Gesichtsfeld erkennbar. Prüfen Sie, durch leichte Variation der Beobachtungsrichtung, dass auch in den Randbereichen maximal ein Ring zu sehen ist.

In dieser Position verkippt man den Justagespiegel leicht, so dass zwischen den Spiegeln eine keilförmige Luftplatte entsteht und etwa 10 vertikale Streifen im Gesichtsfeld zu sehen sind (Abb. 4). Solange die Streifen eine Restkrümmung aufweisen, ist die Nullposition noch nicht vollständig erreicht und der Verschiebespiegel muss leicht nachjustiert werden.

Nun schaltet man an Stelle der Hg-Lampe die Glühlampe an und dreht langsam an der Mikrometerschraube des Verschiebespiegels weiter, bis Interferenzstreifen sichtbar werden. Notieren Sie diese Position, der Gangunterschied beider Lichtanteile beträgt nun weniger als die Kohärenzlänge der untersuchten Lichtquelle. Die Kohärenzlänge bestimmt man nun, indem man beide Positionen, an der die Interferenzstreifen verschwinden, subtrahiert und die Differenz halbiert. Beachten Sie hierbei die Besonderheiten der Apparatur und schätzen Sie die Messunsicherheit ab.