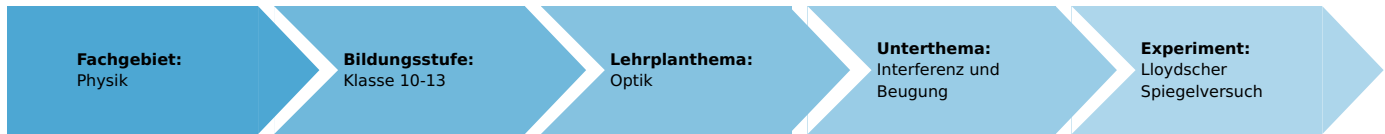


Lloydscher Spiegelversuch (Artikelnr.: P1411501)

Curriculare Themenzuordnung



Schwierigkeitsgrad



Mittel

Vorbereitungszeit



10 Minuten

Durchführungszeit



20 Minuten

empfohlene Gruppengröße



2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:

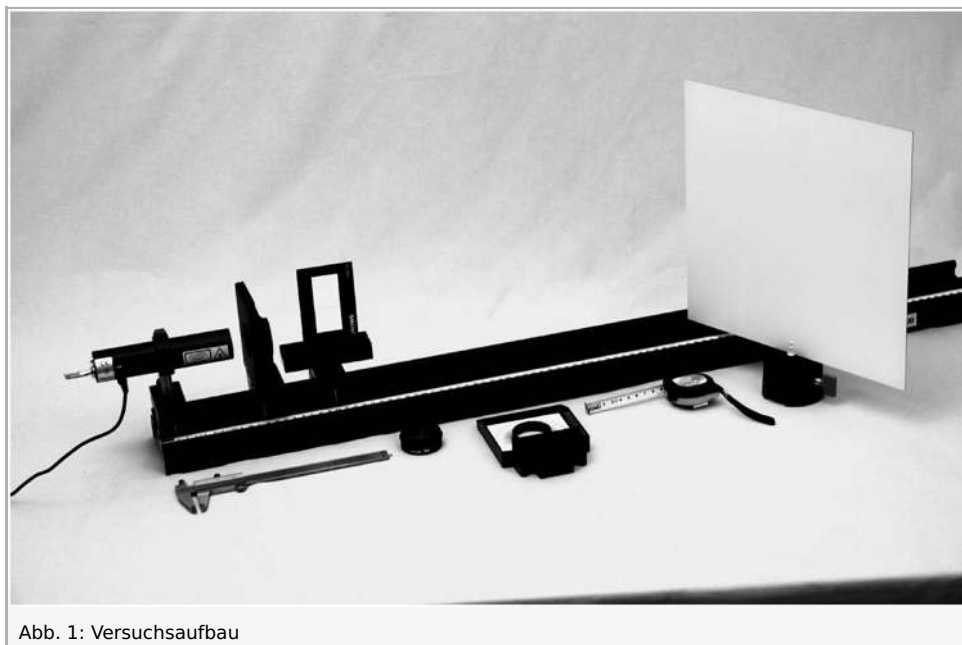
Versuchsvarianten:

Schlagwörter:

Einführung

Einleitung

Mit einem Spiegel lässt sich zu einer reellen Lichtquelle durch Reflexion eine zweite, virtuelle Lichtquelle erzeugen. Im Bereich der Überschneidung von direktem und reflektiertem Licht werden auf einem Schirm Interferenzstreifen sichtbar.



Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Optische Profilbank, l = 1000 mm	08370-00	1
2	Diodenlaser 0,2 / 1,0 mW, 635 nm	08760-99	1
3	Halter für Diodenlaser	08384-00	1
4	Reiter für optische Profilbank	09822-00	1
5	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	2
6	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
7	Linse in Fassung, $f = +150$ mm	08022-01	1
8	Linse in Fassung, $f = +20$ mm	08018-01	1
9	Fresnelspiegel auf Platte	08561-00	1
10	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
11	Tonnenfuß PHYWE	02006-55	1
12	Messschieber (Schieblehre), Edelstahl	03010-00	1
13	Maßband, l = 2 m	09936-00	1

Aufgaben

Erzeugung von Interferenzen mit Lloyd-Spiegel

Aufbau und Durchführung

Aufbau

Abb. 1 zeigt den Versuchsaufbau.

Die Strichmarken der Reiter zur Halterung der Komponenten haben auf der optischen Bank folgende Positionen:

- Reiter mit Diodenlaser bei 2 cm
- Fassung mit Skale und eingesetzter Linse $f = +20$ cm bei 10 cm
- Reiter mit Plattenhalter für Fresnelspiegel bei 20 cm
- Fassung mit Skale für Linse $f = +150$ cm bei 29,5 cm

Der Tonnenfuß mit Schirm befindet sich in einem Abstand $r \leq 3$ m zum Lloyd-Spiegel.

Durchführung

Der Versuch wird in einem abgedunkelten Experimentierraum durchgeführt. Zur Verdeutlichung des Interferenzmusters ist der Laser im 1 mW-Modus zu betreiben. **ACHTUNG: DABEI MUSS UNBEDINGT VERMIEDEN WERDEN, DIREKT IN DEN LASERSTRAHL ZU BLICKEN.**

Der Laserstrahl ist parallel zur optischen Achse auszurichten. Mit Hilfe der Sammellinse L_1 ($f = +20 \text{ mm}$) wird der Laserstrahl divergent gemacht.

In einer der äußeren Schienen des Plattenhalters setzt man den Fresnel-Spiegel so ein, dass beide Spiegel senkrecht zueinander stehen (es wird nur ein Oberflächenspiegel im Experiment als Lloyd-Spiegel verwendet). Man dreht den Plattenhalter leicht, damit der Spiegel vom Laserlicht streifend getroffen wird.

In der Projektionsebene sind nun in der Regel zwei Interferenzmuster zu beobachten.

Das vom Lloyd-Spiegel stammende Muster besteht aus äquidistanten Interferenzstreifen. Das andere Muster besteht aus nichtäquidistanten Streifen und hat seine Ursache in der nicht vermeidbaren Beugung an der Eintrittskante des Spiegels. Man erzielt einen besseren Kontrast, wenn man das Interferenzmuster des Lloyd-Spiegels durch Drehen desselben in den auslaufenden Teil des Beugungsmusters bringt.

Zur Bestimmung des Abstandes der Interferenzstreifen hat man zuvor auf dem Schirm ein weißes Blatt Papier mit Tesastreifen befestigt. Mit Hilfe eines wasserlöslichen Filzschreibers werden auf gleicher Höhe die Mitten der hellen Streifen markiert und deren Abstände nach Abnehmen des Papiers mit Hilfe der Schiebellehre bestimmt. Um den Abstand zweier Maxima möglichst genau zu ermitteln, ist es sinnvoll, mindestens 10 Linien auszumessen.

Abschließend bringt man die Sammellinse L_2 ($f = +150 \text{ mm}$) in den Strahlengang und bildet die virtuellen Lichtquellen scharf in der Projektionsebene ab.

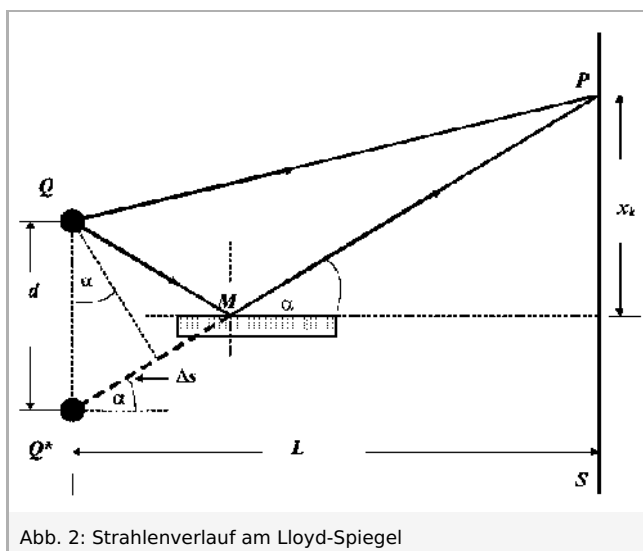
Zur Bestimmung der Wellenlänge des Laserlichts sind zum Schluss folgende Abstände zu bestimmen:

- Abstand B der Bildpunkte der virtuellen Quellen
- Abstand b von Sammellinse L_2 und Schirm S

Beobachtung und Ergebnis

Beobachtung

Ein Lichtstrahl einer monochromatischen Lichtquelle Q trifft auf einen parallel zur optischen Achse leicht versetzten Planspiegel (Abb. 2). Der reflektierte Strahl, der von einer virtuellen Lichtquelle Q^* auszugehen scheint, interferiert mit dem direkten Strahl im Auftreffpunkt P auf einem entfernt stehenden Schirm S .



Unter der Voraussetzung, dass die Entfernung des Beobachtungspunktes P groß im Vergleich zum Abstand d der beiden Quellen ist, gilt für den Gangunterschied Δs beider Strahlen:

$$\Delta s = d \cdot \sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Da der reflektierte Strahl am optisch dichteren Medium (Spiegel) reflektiert wird, erfährt er noch einen Phasensprung von π .
Entspricht der Gangunterschied beider Strahlen einem ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge λ , so interferieren diese konstruktiv.

$$\Delta s = k \cdot \lambda; k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (2)$$

Für große Entfernungen gilt außerdem angenähert, wenn L der Abstand der Quellen zur Projektionsebene S ist:

$$\tan \alpha \cong \sin \alpha \cong \frac{x_k}{L} \quad (3)$$

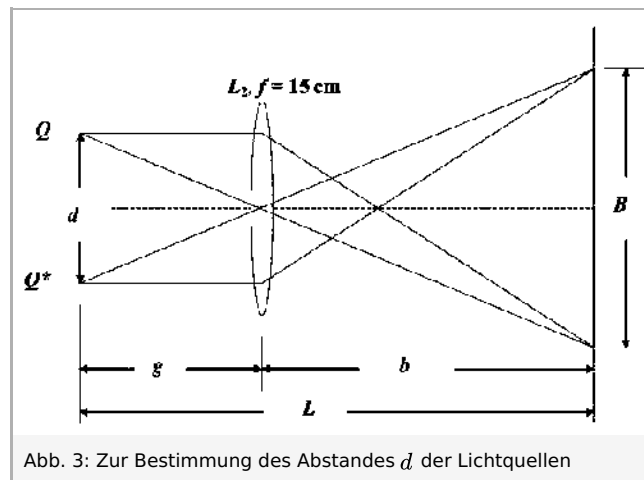
Mit (1), (2) und (3) erhält man für die Lage x_k eines Maximums:

$$x_k = \frac{\lambda \cdot L}{d} \cdot \left(k - \frac{1}{2} \right) \quad (4)$$

Zwei benachbarte Maxima haben dann den Abstand Δx :

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{L \cdot \lambda}{d} \quad (5)$$

Da der Abstand d der beiden Lichtquellen nicht direkt zu messen ist, werden diese mit einer Linse auf dem Schirm im Abstand L vergrößert abgebildet (Abb. 3).



Aus dem Abbildungsmaßstab $d/g = B/b$ berechnet sich der wirkliche Abstand der virtuellen Quellen zu

$$d = \frac{g}{b} B \quad (6)$$

(B = Abstand der Bildpunkte der Quellen, g = Gegenstandsweite, b = Bildweite)

Die unbekannte Gegenstandsweite g kann bei bekannter Brennweite f der Linse mit Hilfe der Abbildungsgleichung $1/f = 1/g + 1/b$ bestimmt und in (6) eingesetzt werden:

$$d = \frac{B}{b} \cdot \frac{f \cdot b}{b - f} \quad (7)$$

Mit (7) in (5) und $L = g + b$ ergibt sich schließlich für die Wellenlänge λ aus dem Abstand Δx zweier Maxima:

$$\lambda = \Delta x \cdot \frac{f \cdot B}{b^2} \quad (8)$$

Auswertung

Folgende Messwerte wurden ermittelt:

$$\Delta x = 0,117 \text{ cm}$$

$$B = 4,1 \text{ cm}$$

$$b = 331 \text{ cm}$$

$$f = 15 \text{ cm}$$

Daraus ergibt sich mit (8) für die Wellenlänge des Diodenlasers:

$$\lambda = 0,117 \cdot \frac{15 \cdot 4,1}{331^2} \text{ cm} = 657 \cdot 10^{-5} \text{ cm} = 657 \text{ nm}$$

(Datenblattangabe für die Wellenlänge des Diodenlasers: $\lambda = 635 \text{ nm}$)