

Lloydscher Spiegelversuch



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. Dieser Durchführung wird auch als Lloydscher Spiegelversuch bezeichnet.

Physik

Licht & Optik

Beugung & Interferenz



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/5f7c7035d0bd160003977e4e>

PHYWE

Allgemeine Informationen



Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Mit einem Spiegel lässt sich zu einer reellen Lichtquelle durch Reflexion eine zweite, virtuelle Lichtquelle erzeugen.

Fällt das Licht der reellen Lichtquelle flach genug auf den Spiegel, so sind die Wellen der virtuellen und der reellen Lichtquelle kohärent.

Somit können im Bereich der Überschneidung von direktem und reflektiertem Licht auf einem Schirm Interferenzstreifen beobachtet werden.

Interferenzphänomene durch Spiegelung treten an vielen Stellen auf, zum Beispiel an der Haut von Seifenblasen.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Für das Verständnis dieses Versuchs ist es hilfreich, wenn bereits der Versuch "Bestimmung der Wellenlänge eines Lasers mit einem optischen Gitter" (P1410901) durchgeführt wurde. Des Weiteren sollte die Abbildungsgleichung bekannt sein.

Prinzip



Zwischen kohärenten Wellen kann Interferenz stattfinden.

In diesem Versuch wird zu einer reellen Lichtquelle mit Hilfe eines Spiegels eine virtuelle Lichtquelle erzeugt. Da beide Wellen aus der gleichen Quelle stammen, sind sie kohärent.

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Interferenz tritt immer dann auf, wenn kohärente Wellen vorliegen, unabhängig davon ob die Wellen reellen oder virtuellen Quellen entspringen.

Beleuchtet man einen Spiegel schräg mit einer Lichtquelle, so kann das gespiegelte Licht mit dem aus der Lichtquelle interferieren.

Aufgaben



- Beobachten des Interferenzmusters am Schirm.
- Erklären des Strahlengangs.
- Berechnung der Wellenlänge des Lasers.

Sicherheitshinweise

PHYWE



Es muss unbedingt vermieden werden, direkt in das Laserlicht zu blicken.

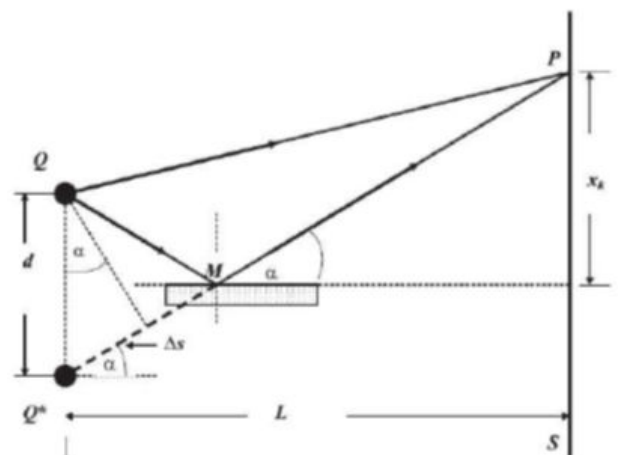
Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie

PHYWE

Trifft Licht einer Lichtquelle auf einen Spiegel, so verhält sich das reflektierte Licht so, als ob sich hinter dem Spiegel eine weitere Lichtquelle befindet. Man spricht von einer virtuellen Lichtquelle. Die Lichtwellen der reellen und der virtuellen Lichtquelle können interferieren, da sie kohärent sind.

Da hier mit Laserlicht gearbeitet wird, muss das Licht zunächst mit Hilfe einer Sammellinse divergent gemacht werden, damit das Licht sowohl auf den Spiegel als auch auf den Schirm treffen kann.



Skizze des Versuchs

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Optische Profilbank, l = 1000 mm	08370-00	1
2	Diodenlaser, 1 mW, 635 nm (rot) mit kurzem Stiel	08761-99	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, für 1 Stange, d ≤ 13 mm	02004-00	1
12	Messschieber (Schieblehre), Edelstahl	03010-00	1
13	Maßband, l = 2 m	09936-00	1

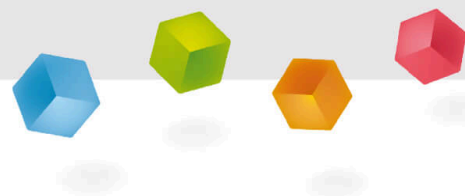
Material

PHYWE

Position	Material	Menge
1	Tesafilm	1
2	Blatt Papier	1

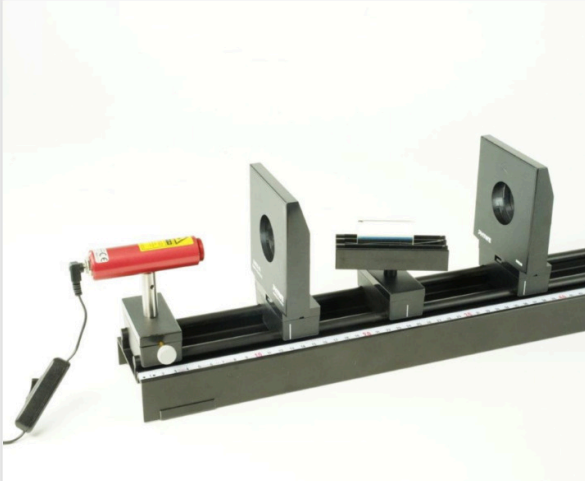
PHYWE

Aufbau und Durchführung



Aufbau

PHYWE



Aufbau

Die Komponenten werden wie in der Abbildung gezeigt auf der optischen Bank positioniert, mit den Strichmarken der Reiter auf folgenden Positionen:

- Reiter mit Diodenlaser bei 2 cm
- Fassung mit Linse $f = +20\text{mm}$ bei 10 cm
- Reiter mit Plattenhalter für Fresnelspiegel bei 20 cm
- Fassung für Linse $f = +150\text{mm}$ bei 29,5 cm

Der Tonnenfuß mit Schirm befindet sich in einem Abstand r von bis zu 3 Metern zum Lloyd-Spiegel.

Durchführung (1/3)

PHYWE



erster Versuchsteil

Der Raum wird abgedunkelt und der Laser im 1 mW-Modus betrieben, um das Interferenzmuster zu verdeutlichen.

ACHTUNG: DABEI MUSS VERMIEDEN WERDEN, DIREKT IN DEN LASERSTRAHL ZU BLICKEN.

Der Laserstrahl wird parallel zur optischen Achse ausgerichtet und mit Hilfe der Sammellinse $f = +20\text{mm}$ divergent gemacht.

In einer der äußeren Schienen des Plattenhalters setzt man den Fresnelspiegel 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.

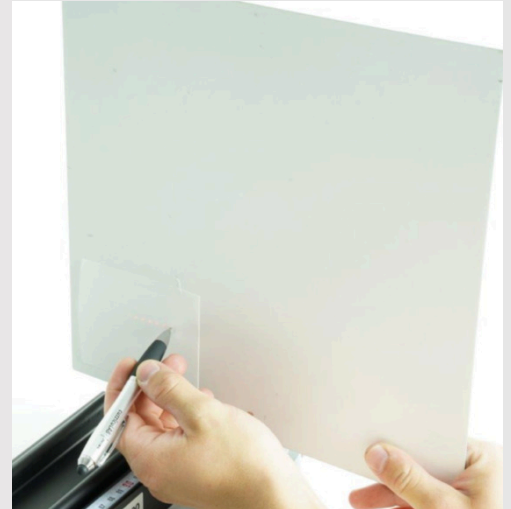
Durchführung (2/3)

PHYWE

Auf dem Schirm sind nun in der Regel zwei Interferenzmuster zu beobachten. Das Muster des Lloyd-Spiegels besteht aus äquidistanten Interferenzstreifen, das andere Muster besteht aus nicht äquidistanten Streifen und wird durch Beugung an der Eintrittskante des Spiegels hervorgerufen. Für einen besseren Kontrast dreht man den Lloyd-Spiegel, um das relevante Interferenzmuster in den auslaufenden Teil des Beugungsmusters zu bringen.

Mit einem Tesastreifen befestigt man ein weißes Blatt Papier auf dem Schirm, auf dem man die Interferenzstreifen einzeichnet.

Die Abstände werden nach Abnehmen des Blattes mit Hilfe einer Schieblehre bestimmt. Dabei sollten für erhöhte Genauigkeit mindestens 10 Abstände vermessen werden.



Einzeichnen der Maxima

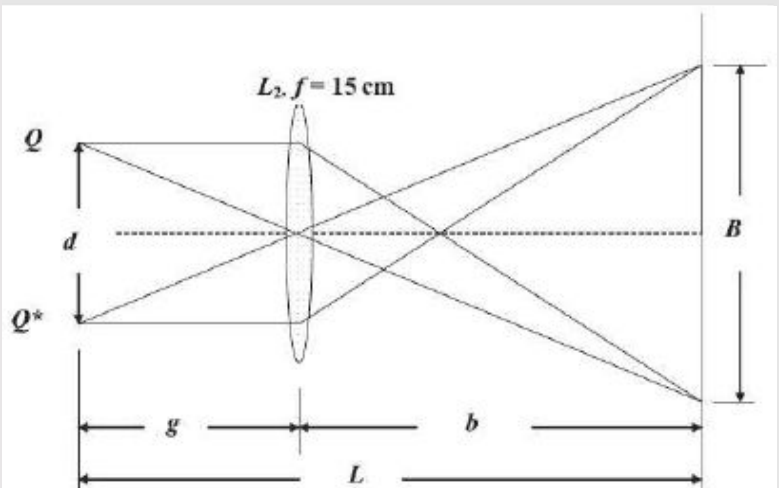
Durchführung (3/3)

PHYWE

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

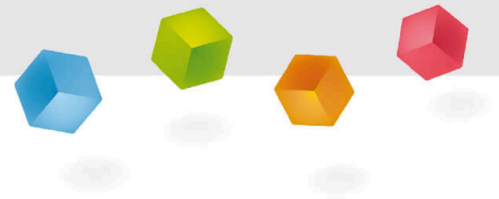
Zur Bestimmung der Wellenlänge des Laserlichts sind zum Schluss folgende Abstände zu bestimmen:

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



Für die Bestimmung des Abstandes d der Lichtquellen

PHYWE



Auswertung

Auswertung (1/5)

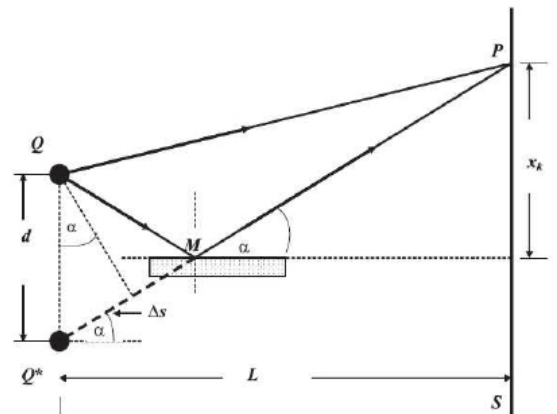
PHYWE

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

$$\Delta s = d * \sin \alpha + \lambda/2 \quad (1)$$

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, so interferieren diese konstruktiv.

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



Strahlengang am Lloyd-Spiegel

Auswertung (2/5)

PHYWE

Für große Entfernungen gilt außerdem angenähert, wenn L der Abstand der Quellen zum Schirm S ist:

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

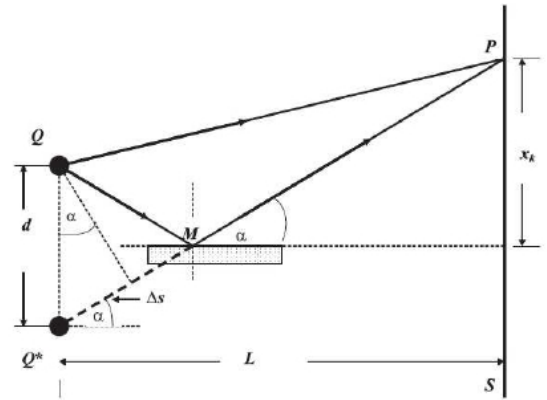
(1), (2) und (3) ergeben für die Lage eines Maximums:

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

Zwei benachbarte Maxima haben dann den Abstand:

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

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.



Strahlengang am Lloyd-Spiegel

Auswertung (3/5)

PHYWE

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

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

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:

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

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

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

Auswertung (4/5)

PHYWE

Ziehe die Herleitung der Formel zur Berechnung der Wellenlänge des Laserlichtes nach und berechne λ mit den aufgenommenen Messwerten!

Berechnete Wellenlänge

Bei der Interferenz am Doppelspalt hängt das Interferenzmuster vom Spaltabstand ab. Welche Größe entspricht in diesem Experiment dem Spaltabstand?

Der gemessene Abstand der Bilder der Lichtquellen.

Der errechnete Abstand der reellen und der virtuellen Lichtquelle.

Die Dicke des Lloyd-Spiegels.



Auswertung (5/5)

PHYWE

Was wäre anders, wenn man statt des Spiegels zwei Laser verwenden würde?

- ☐ Die Intensitätsmaxima würden weiter auseinander rücken.
- ☐ Der Phasensprung am Spiegel würde fehlen.
- ☐ Die Lichtwellen wären nicht unbedingt kohärent, könnten also evtl. nicht interferieren.
- ☐ Das Beugungsmuster mit nicht äquidistanten Maxima würde wegfallen.

✓ Überprüfen

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 18: Verständnisfragen

0/2

Folie 19: Unterschied zwei Lichtquellen

0/3

Gesamtpunktzahl



Lösungen anzeigen



Wiederholen



Text exportieren