

Erzeugung von Interferenzen mit Hilfe eines Fresnelschen Doppelspiegels



Lässt man einen aufgeweiteten Laserstrahl auf zwei um einen kleinen Winkel geringfügig gegeneinander geneigte ebene Spiegel fallen, so erhält man durch Reflexion zwei kohärente Lichtbündel, die in ihrem Überlappungsbereich miteinander interferieren. Auf einem Schirm zeigt sich ein Interferenzmuster aus parallelen hellen und dunklen Streifen.

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/5f60e3667e9d5b0003e1ed24>

PHYWE

Allgemeine Informationen

Anwendung

PHYWE

Versuchsaufbau

Lässt man einen aufgeweiteten Laserstrahl auf zwei um einen kleinen Winkel geringfügig gegeneinander geneigte ebene Spiegel fallen, so erhält man durch Reflexion zwei kohärente Lichtbündel, die in ihrem Überlappungsbereich miteinander interferieren.

Auf einem Schirm zeigt sich ein Interferenzmuster aus parallelen hellen und dunklen Streifen.

Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Für das Verständnis dieses Versuchs sollten die Schüler bereits mit dem Wellenverhalten von Licht vertraut sein. Für die Veranschaulichung kann es hilfreich sein, vorher Interferenz von Wasserwellen zu zeigen.

Prinzip



Trifft ein divergentes Lichtbündel auf einen Fresnelschen Doppelspiegel entstehen zwei Wellen, die aus zwei virtuellen kohärenten Lichtquellen zu scheinen kommen.

Werden die beiden Teilwellen auf einen Schirm projiziert, sind in dem Bereich, in dem sich die beiden reflektierten Wellen überlagern, Interferenzstreifen sichtbar.

Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Interferenz ist auch mit Hilfe eines Fresnelschen Doppelspiegels möglich, da dieser aus einem divergentem Lichtbündel zwei interferierende Lichtbündel erzeugt.

Mit Hilfe des Abstandes zwischen dem k -ten und 0-ten Maximum auf dem Schirm und dem Abstand der beiden virtuellen Quellen kann man die Wellenlänge des Diodenlasers berechnen.

Aufgaben



- Erzeugung von Interferenzen mit Hilfe eines Fresnelschen Doppelspiegels.
- Beobachten des Interferenzmusters.
- Berechnen der Wellenlänge des Diodenlasers.

Sicherheitshinweise

PHYWE



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

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie (1/3)

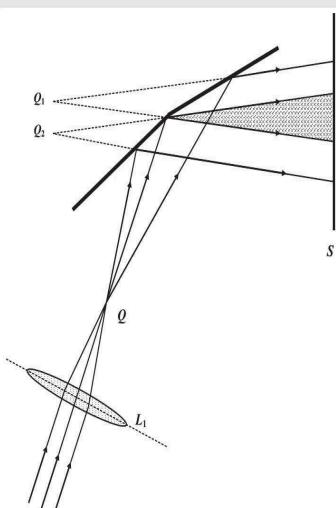


Abb. 1

Zur Erzeugung zweier interferenzfähiger Lichtbündel wird ein Laserstrahl mit Hilfe einer Sammellinse L_1 divergent gemacht. Das divergente Lichtbündel trifft auf einen Fresnelschen Doppelspiegel und wird von dort auf einen Schirm S reflektiert (Abb. 1).

Im Überlappungsbereich interferieren die beiden von den virtuellen Lichtquellen Q_1 und Q_2 ausgehenden Lichtbündel.

Sollen zwei von den virtuellen Quellen ausgehenden Strahlen auf einem Schirm im Abstand r zu den Quellen konstruktiv miteinander interferieren, muss ihr Gangunterschied Δl ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ betragen.

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

Theorie (2/3)

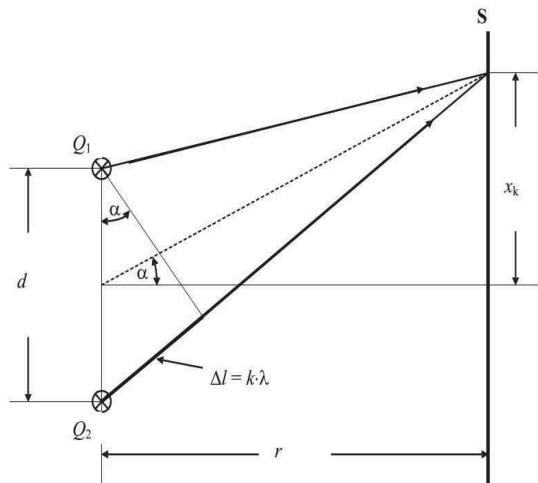


Abb. 2

Bezeichnet man mit x_k den Abstand zwischen dem k -ten und 0-ten Maximum auf dem Schirm und ist d der Abstand beider Quellen, so gilt nach Abb. 2 für kleine Winkel α :

$$\begin{aligned}\Delta l &= k * \lambda = d * \sin \alpha \cong d * \tan \alpha \\ &\cong d * \frac{x_k}{r} \rightarrow \lambda = \frac{x_k}{k} * \frac{d}{r} \quad (2)\end{aligned}$$

Zur Bestimmung des Abstandes d der virtuellen Quellen werden von diesem mit einer zweiten Sammellinse L_2 auf dem Schirm zwei reelle Bilder Q_1^* und Q_2^* erzeugt, deren Abstand B nun bestimmt werden kann (s. Abb. 3).

Theorie (3/3)

Nach dem Strahlensatz folgt aus Abb. 3:

$$\frac{d}{L_1 L_2 - f_1} = \frac{B}{b} \rightarrow (L_1 L_2 - f_1) * \frac{B}{b} \quad (3)$$

($L_1 L_2$ Abstand der Linsen L_1 und L_2 , f_1 = Brennweite der Aufweitungslinse L_1)

Mit (2) ergibt sich aus (3) schließlich:

$$\lambda = \frac{x_k}{k} * \frac{(L_1 L_2 - f_1) * B}{b * r} = \frac{x_k}{k} * \frac{(L_1 L_2 - f_1) * B}{b * (b + L_1 L_2 - f_1)} \quad (4)$$

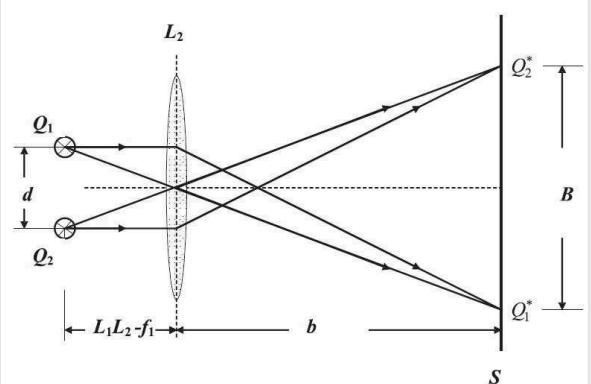


Abb. 3

Material

Position	Material	Art.-Nr.	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	Linse in Fassung, f = + 50 mm	08020-01	1
7	Linse in Fassung, f = +150 mm	08022-01	1
8	Fresnelspiegel auf Platte	08561-00	1
9	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	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

Zusätzliches Material

PHYWE

Position	Material	Menge
1	Tesafilm	1
2	weißes Blatt Papier	1

PHYWE



Aufbau und Durchführung

Aufbau

PHYWE

Der Versuchsaufbau erfolgt wie in der Abbildung gezeigt, die Strichmarken der Reiter zur Halterung der Komponenten haben auf der optischen Bank folgende Positionen:

- Reiter mit Diodenlaser bei 2cm
- Fassung mit Skale und eingesetzter Linse $f = +50\text{cm}$ bei 13cm
- Reiter mit Plattenhalter für Fresnelspiegel bei 24cm
- Fassung mit Skale für Linse $f = +150\text{cm}$ bei 36cm

Der Tonnenfuß mit Schirm befindet sich in einem Abstand $r \leq 3\text{m}$ zum Fresnelspiegel.



Aufbau inklusive Schirm

Durchführung (1/2)



Der Laserstrahl wird parallel zur optischen Achse ausgerichtet. Mit Hilfe der Sammellinse $L_1(f = +50\text{mm})$ wird der Laserstrahl divergent gemacht.



In eine der äußeren Schienen des Plattenhalters setzt man den Fresnelspiegel ein und dreht den Plattenhalter etwas, bis beide Spiegelteile vom aufgeweiteten Laserstrahl etwa gleich getroffen werden.

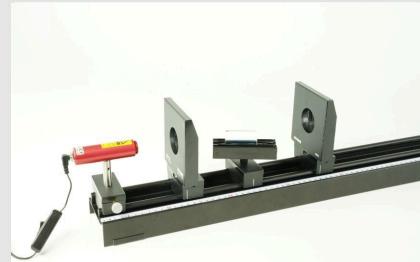
Zur Bestimmung des Abstandes der Interferenzstreifen hat man zuvor auf dem Schirm ein weißes Blatt Papier mit Tesastreifen befestigt. Mit Hilfe eines wasserlöslichen Filzschreibers werden nun auf gleicher Höhe die Mitten der hellen Streifen markiert und deren Abstände nach Abnehmen des Papiers mit Hilfe der Schieblehre bestimmt. Um den Abstand zweier Maxima möglichst genau zu ermitteln, ist es sinnvoll, 10 - 15 Linien auszumessen.

Durchführung (2/2)

Abschließend bringt man die Sammellinse $L_2(f = +150\text{mm})$ in den Strahlengang und bildet die virtuellen Lichtquellen scharf in der Projektionsebenen ab. Ein dritter nicht zu berücksichtigender Bildpunkt wird durch das direkte, am Spiegel vorbeilaufende Laserlicht hervorgerufen.

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
- Abstand L_1L_2 der Sammellinsen L_1 und L_2



PHYWE



Auswertung

Auswertung (1/2)

Maxima und Minima haben immer den gleichen Abstand?

 Wahr

 Falsch

 Überprüfen

Folgende Werte liefert die Auswertung des Experiments:

$$\begin{aligned}x_k &= 4,6 \text{ cm} \\k &= 14 \\L_1 L_2 - f_1 &= 18,0 \text{ cm} \\B &= 1,1 \text{ cm} \\b &= 316 \text{ cm}\end{aligned}$$

Daraus ergibt sich für die Wellenlänge des Diodenlasers:

$$\lambda = \frac{4,6}{14} * \frac{18*1,1}{316*(316+18)} \text{ cm} = 6,16 * 10^{-5} \text{ cm} = 616 \text{ nm}$$

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

Auswertung (2/2)

PHYWE

Was bedeutet konstruktive Interferenz?

Konstruktive Interferenz ist eine Verstärkung und dadurch gekennzeichnet, dass sich die beiden überlagernden Wellen ständig gegenseitig verstärken.

Konstruktive Interferenz ist eine Auslöschung und dadurch gekennzeichnet, dass sich die beiden überlagernden Wellen ständig gegenseitig auslöschen.

Wofür steht hier x_k ?

Mit x_k bezeichnet man den Abstand zwischen dem k -ten und 0-ten Maximum auf dem Schirm.

Mit x_k bezeichnet man den Abstand zwischen dem k -ten und 0-ten Minimum auf dem Schirm.

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 16: Abstand Maxima und Minima

0/1

Folie 17: Mehrere Aufgaben

0/5

Gesamtsumme

 0/6 Lösungen Wiederholen

11/11