

Erzeugung von Interferenzen mit Hilfe eines Fresnelschen Doppelspiegels (Artikelnr.: P1411401)

Curriculare Themenzuordnung

**Schwierigkeitsgrad**

Mittel

Vorbereitungszeit

10 Minuten

Durchführungszeit

20 Minuten

empfohlene Gruppengröße

2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:**Versuchsvarianten:****Schlagwörter:**

Einführung

Einleitung

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.



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	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 PHYWE	02006-55	1
12	Messschieber (Schieblehre), Edelstahl	03010-00	1
13	Maßband, $l = 2$ m	09936-00	1

Aufgaben

Erzeugung von Interferenzen mit Hilfe eines Fresnelschen Doppelspiegels

Aufbau und Durchführung

Aufbau

Der Versuchsaufbau erfolgt nach Abb. 1.

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 $f = +50$ cm bei 13 cm
- Reiter mit Plattenhalter für Fresnelspiegel bei 24 cm
- Fassung mit Skale für Linse $f = +150$ cm bei 36 cm

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

Durchführung

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.

In der Projektionsebene sind nun in der Regel zwei Streifenmuster zu beobachten. Das vom Doppelspiegel stammende Muster besteht aus äquidistanten Interferenzstreifen (s. Anmerkung). Das andere Muster besteht aus nichtäquidistanten Streifen und hat seine Ursache in der Beugung an der Eintrittskante des Spiegels. Stört diese Beugungerscheinung, dreht man den Spiegelhalter, bis das Strahlenbündel die Kante nicht mehr trifft.

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.

Abschließend bringt man die Sammellinse $L_2 (f = +150 \text{ mm})$ in den Strahlengang und bildet die virtuellen Lichtquellen scharf in der Projektionsebene 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 $L_1 L_2$ der Sammellinsen L_1 und L_2

Hinweis: Sollte der Experimentierraum nicht vollständig abdunkeln sein, empfiehlt es sich, zur Verdeutlichung des Interferenzmusters den Laser im 1 mW-Modus zu betreiben. **DABEI MUSS UNBEDINGT VERMIEDEN WERDEN, DIREKT IN DEN LASERSTRahl ZU BLICKEN.**

Beobachtung und Ergebnis

Beobachtung

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. 2).

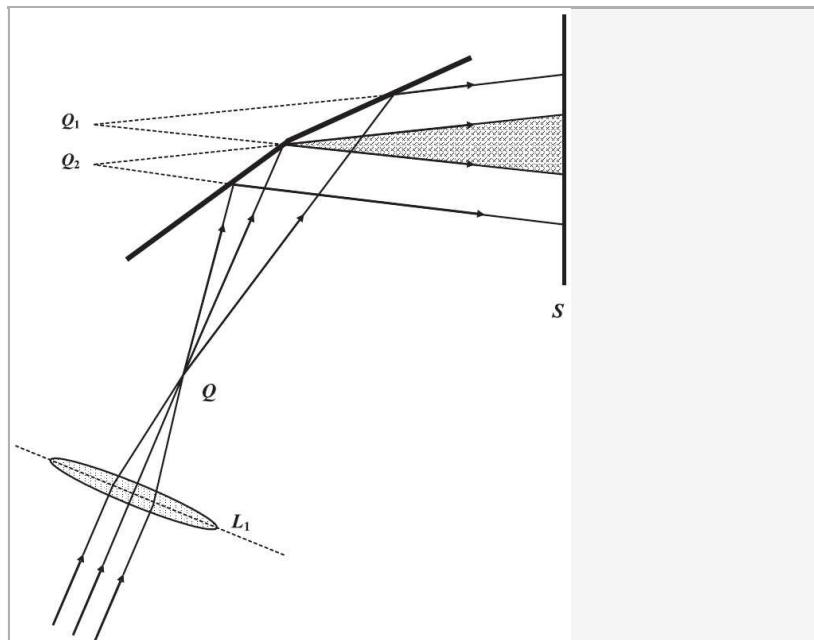


Abb. 2: Erzeugung interferierender Lichtbündel mit dem Fresnelschen Doppelspiegel

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.

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

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. 3 für kleine Winkel α :

$$\Delta l = k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha \cong d \cdot \tan \alpha \cong d \cdot \frac{x_k}{r} \rightarrow \lambda = \frac{x_k}{k} \cdot \frac{d}{r} \quad (2)$$

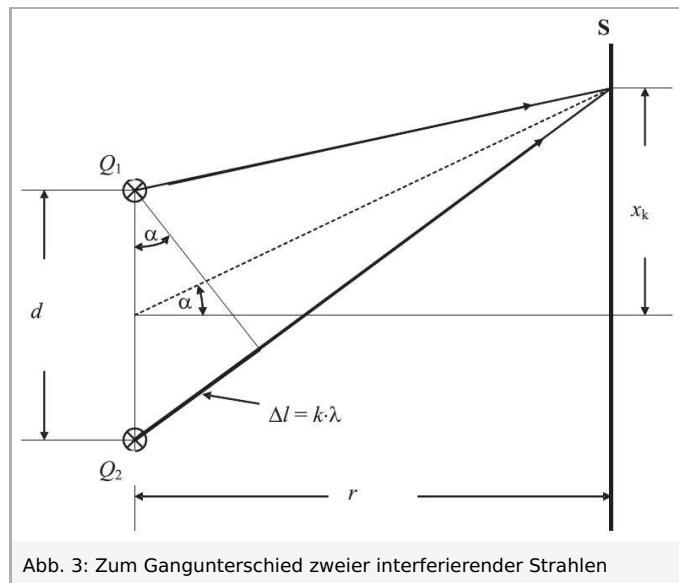


Abb. 3: Zum Gangunterschied zweier interferierender Strahlen

Zur Bestimmung des Abstandes d der virtuellen Quellen werden von diesen 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. 4).

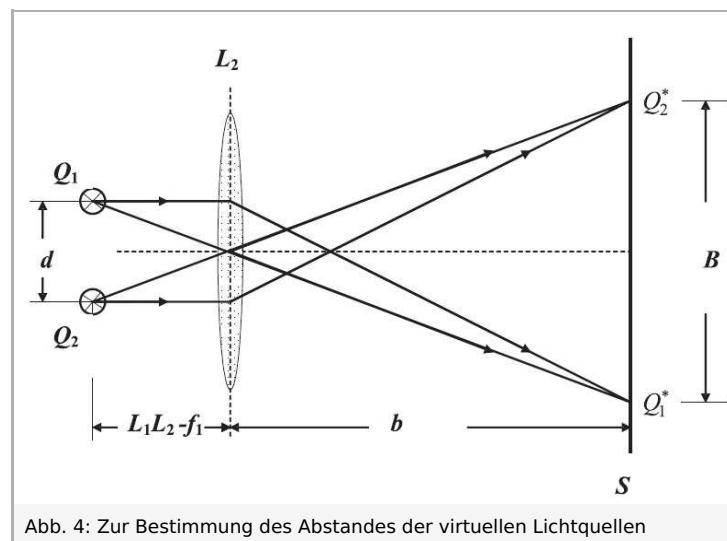


Abb. 4: Zur Bestimmung des Abstandes der virtuellen Lichtquellen

Nach dem Strahlensatz folgt aus Abb. 4:

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

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

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

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

Auswertung

Folgende Werte liefert die Auswertung des Experiments:

$$x_k = 4,6 \text{ cm}$$

$$k = 14$$

$$L_1 L_2 - f_1 = 18,0 \text{ cm}$$

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

$$b = 316 \text{ cm}$$

Daraus ergibt sich mit (4) für die Wellenlänge des Diodenlasers:

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

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

Anmerkung

Nach (2) beträgt der Abstand x_k des k -ten Maximums von der Mitte:

$$x_k = k \frac{\lambda \cdot r}{d}; k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Demnach haben zwei benachbarte Maxima den Abstand:

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

Für den Abstand des n -ten Minimums von der Mitte gilt entsprechend:

$$x_n = \frac{2n+1}{2} \frac{\lambda \cdot r}{d}; n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Der Abstand Δx zweier benachbarter Minima beträgt dann:

$$\Delta x = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda \cdot r}{2d} (2n+1 - (2n-1)) = \frac{\lambda \cdot r}{d}$$

Maxima und Minima haben somit immer den gleichen Abstand.