

Erzeugung von Interferenzen mit Hilfe eines Fresnelschen Biprismas (Artikelnr.: P1411301)

Curriculare Themenzuordnung



Schwierigkeitsgrad



Mittel

Vorbereitungszeit



10 Minuten

Durchführungszeit



20 Minuten

empfohlene Gruppengröße



2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:

Versuchsvarianten:

Schlagwörter:

Einführung

Einleitung

Mit Hilfe eines Prismas mit sehr großem Scheitelwinkel (Fresnelches Biprisma) kann ein einfallendes Lichtbündel in zwei gleiche kohärente Teilbündel aufgespalten werden, die in ihrem Überlappungsbereich miteinander interferieren.

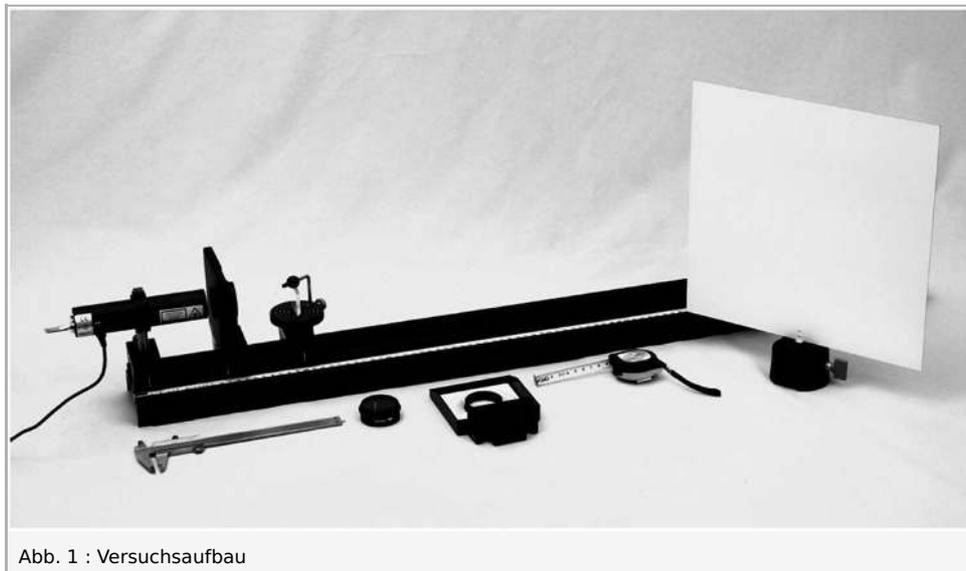


Abb. 1 : Versuchsaufbau

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	2
5	Biprisma nach Fresnel	08556-00	1
6	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	2
7	Prismentisch mit Halter, für Grundplatte	08725-00	1
8	Linse in Fassung, f = + 20 mm	08018-01	1
9	Linse in Fassung, f = +300 mm	08023-01	1
10	Schirm, weiß, 150 mm x 150 mm	09826-00	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 Biprismas

Aufbau und Durchführung

Aufbau

Der Versuchsaufbau erfolgt nach Abb. 1, wobei die Strichmarken der Komponenten auf der optischen Bank folgende Positionen haben:

- Reiter mit Diodenlaser bei 1,5 cm
- Fassung mit Skale mit Linse L_1 mit $f_1 = 20$ mm bei 11,0 cm
- Reiter mit Prismentisch und Biprisma bei 20,0 cm

Zur Bestimmung des Bildabstandes der virtuellen Lichtquellen wird später hinzugefügt:

- Fassung mit Skale mit Linse L_2 mit $f_2 = 200$ mm bei 34,0 cm

In einer Entfernung von ca. 3 m vom Ende der optischen Bank befindet sich der Schirm in einem Tonnenfuß.

Durchführung

Zur Aufweitung des Laserstrahles wird die Sammellinse mit der Brennweite $f_1 = +20$ mm in die Fassung bei 11 cm eingesetzt. Das Biprisma wird auf dem Prismentisch so befestigt, dass sein Scheitel mit der optischen Achse übereinstimmt und in Richtung des Lasers zeigt. Der aufgeweitete Laserstrahl muss den Prismenscheitel symmetrisch treffen.

Auf dem Schirm, auf dem zuvor ein weißes Blatt Papier mit Tesastreifen befestigt worden ist, ist nun das Interferenzmuster aus senkrecht verlaufenden hellen und dunklen Parallelstreifen zu beobachten (Abb. 4). 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 Schieblehre bestimmt. Um den Abstand zweier Maxima möglichst genau zu ermitteln, ist es sinnvoll, symmetrisch zum Zentrum des Interferenzmusters mehrere Linien auszumessen.

Hinweis: Sollte der Experimentierraum nicht vollständig abzdunkeln 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.**

Anschließend wird zusätzlich zur vergrößerten Abbildung des Abstandes der beiden virtuellen Lichtquellen die Linse L_2 mit $f_2 = +200$ mm in die Fassung bei 34 cm eingesetzt.

Man verschiebt den Reiter auf der optischen Bank geringfügig, bis auf dem Schirm, dessen Abstand zur optischen Bank nicht verändert werden darf, zwei scharfe Lichtpunkte – die Bilder der virtuellen Lichtquellen – zu erkennen sind. Wie zuvor markiert man auf einem Blatt Papier auf dem Schirm die Positionen der Lichtpunkte und bestimmt deren Abstand wieder mit der Schieblehre.

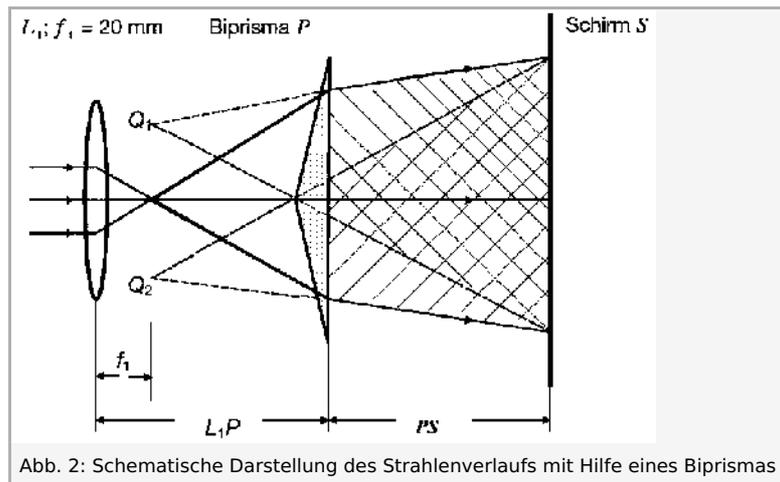
Mit dem Maßband werden sowohl die Bildweite b (Abstand Schirm-Linse L_2) als auch die Gegenstandsweite g (Abstand der beiden Linsen L_1 und L_2 minus der Brennweite f_1) bestimmt.

Beobachtung und Ergebnis

Beobachtung

Ein von einem Laser ausgehendes paralleles Lichtbündel wird mit Hilfe einer kurzbrennweitigen Sammellinse L_1 aufgeweitet und trifft mittig auf den Scheitelbereich eines Biprismas P . Die so entstehenden Teilbündel können gemäß Abb. 2 auf zwei virtuelle Lichtquellen Q_1 und Q_2 zurückgeführt werden.

Im Überlappungsbereich der beiden kohärenten Teilbündel können diese miteinander interferieren. Auf einem Schirm S ist ein Interferenzmuster von hellen und dunklen parallelen Streifen zu beobachten. Ist der Abstand d der beiden virtuellen Lichtquellen Q_1 und Q_2 bekannt, so kann aus dem Abstand x_k zweier benachbarter heller oder dunkler Streifen die Wellenlänge λ des Laserlichtes bestimmt werden.



Helligkeitsmaxima sind immer dann zu erwarten, wenn der Gangunterschied Δl zweier Teilstrahlen ein ganzzahliges Vielfaches k der Wellenlänge λ beträgt.

Nach Abb. 3 gilt:

$$\sin \alpha = \frac{\Delta l}{d} = \frac{k \cdot \lambda}{d} = \frac{x_k}{\sqrt{x_k^2 + r^2}}; \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \quad (1)$$

Aus (1) folgt somit für die Wellenlänge λ :

$$\lambda = \frac{x_k}{k} \cdot \frac{d}{\sqrt{x_k^2 + r^2}} \quad (2)$$

Zur Bestimmung des Abstandes d der beiden virtuellen Quellen Q_1 und Q_2 werden diese mit Hilfe einer zweiten Sammellinse L_2 auf dem Schirm abstandsvergrößert abgebildet. Nach dem Abbildungsgesetz für Linsen gilt:

$$\frac{g}{b} = \frac{d}{d^*} \rightarrow d = \frac{d^* \cdot g}{b} \quad (3)$$

(g = Gegenstandsweite, b = Bildweite, d = Abstand von Q_1 und Q_2 , d^* = Bildabstand von Q_1 und Q_2)

Mit (3) und (2) erhält man schließlich für die Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{x_k}{k} = \frac{d^* \cdot g}{b} \cdot \frac{1}{\sqrt{x_k^2 + r^2}} \quad (4)$$

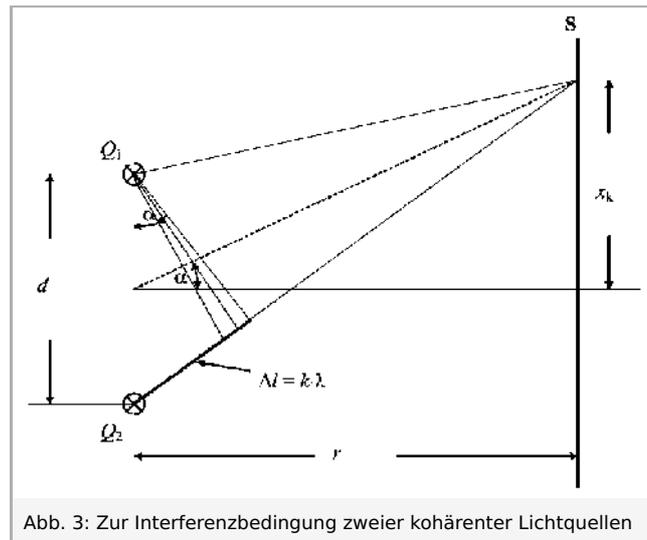


Abb. 3: Zur Interferenzbedingung zweier kohärenter Lichtquellen

Auswertung

Folgende Werte liefert die Auswertung des Experiments:

$$x_k = 37 \text{ mm}$$

$$k = 15$$

$$b = 3240 \text{ mm}$$

$$g = L_1 L_2 - f_1 = (230 - 20) \text{ mm} = 210 \text{ mm}$$

$$r = g + b = 3450 \text{ mm}$$

$$d^* = 14 \text{ mm}$$

Mit diesen Messwerten ergibt sich für die Wellenlänge des Diodenlasers:

$$\lambda = 2,47 \cdot \frac{14 \cdot 210}{3240} \cdot \frac{1}{\sqrt{37^2 + 3450^2}} \text{ mm} = 649,6 \cdot 10^{-6} \text{ mm} \approx 650 \text{ nm}$$

Ein Vergleich mit der im Datenblatt des Diodenlasers angegebenen Wellenlänge von $\lambda = 635 \text{ nm}$ zeigt, dass der durch das Experiment ermittelte Wert um ca. 2,4 % zu groß ist. Die Hauptfehlerquellen liegen in der Bestimmung von d^* und dem Quotienten x_k/k . Die Genauigkeit des Letzteren kann gesteigert werden, wenn im Interferenzbild symmetrisch zum zentralen Maximum die Abstände verschiedener Linien ausgemessen werden und daraus der Mittelwert des Quotienten bestimmt wird.

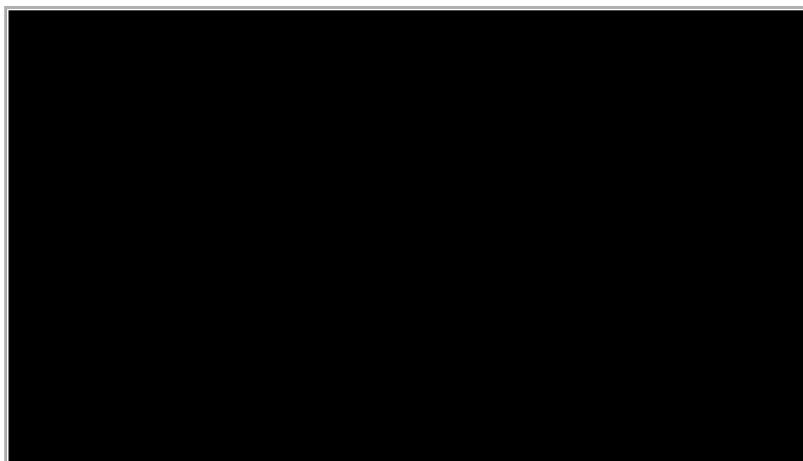


Abb. 4: Interferenzmuster mit Hilfe eines Biprismas