

# 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 &amp; Optik

Beugung &amp; Interferenz



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

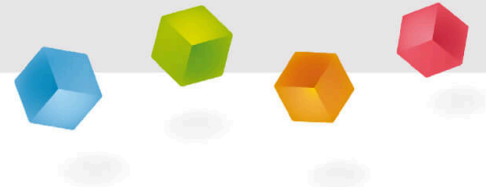
This content can also be found online at:



<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)

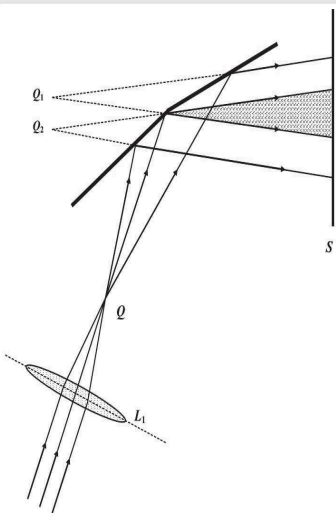


Abb. 1

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  $\Delta l$  ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge  $\lambda$  betragen.

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

## Theorie (2/3)

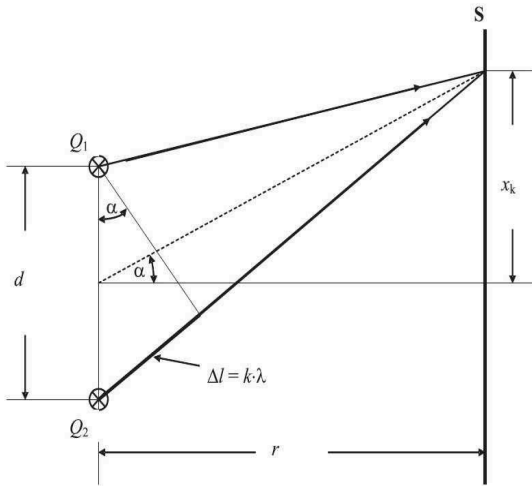


Abb. 2

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  $\alpha$ :

$$\Delta l = k * \lambda = d * \sin \alpha \cong d * \tan \alpha$$

$$\cong d * \frac{x_k}{r} \rightarrow \lambda = \frac{x_k}{k} * \frac{d}{r} \quad (2)$$

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:

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

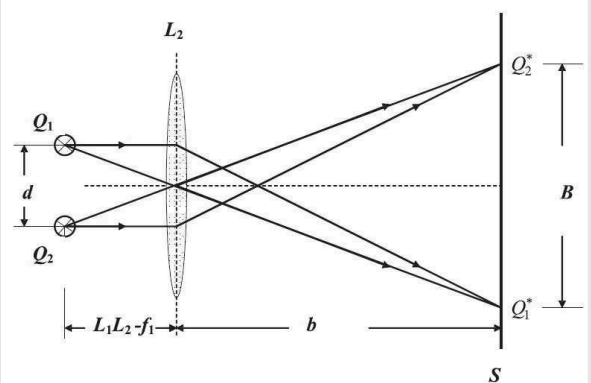


Abb. 3

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	<a href="#">Optische Profilbank, l = 1000 mm</a>	08370-00	1
2	<a href="#">Diodenlaser 0,2 / 1,0 mW, 635 nm</a>	08760-99	1
3	<a href="#">Halter für Diodenlaser</a>	08384-00	1
4	<a href="#">Reiter für optische Profilbank</a>	09822-00	1
5	<a href="#">Fassung mit Skale auf Reiter</a>	09823-00	2
6	<a href="#">Linse in Fassung, f = + 50 mm</a>	08020-01	1
7	<a href="#">Linse in Fassung, f = +150 mm</a>	08022-01	1
8	<a href="#">Fresnelspiegel auf Platte</a>	08561-00	1
9	<a href="#">Plattenhalter für 3 Objekte</a>	09830-00	1
10	<a href="#">Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm</a>	08062-00	1
11	<a href="#">Tonnenfuß, für 1 Stange, d ≤ 13 mm</a>	02004-00	1
12	<a href="#">Messschieber (Schieblehre), Edelstahl</a>	03010-00	1
13	<a href="#">Maßband, l = 2 m</a>	09936-00	1

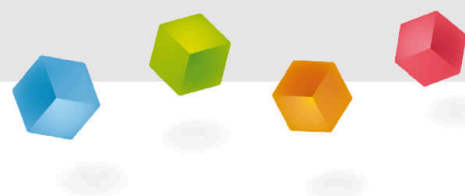
## Zusätzliches Material

PHYWE

Position	Material	Menge
1	Tesafilem	1
2	weißes Blatt Papier	1

PHYWE

## Aufbau und Durchführung



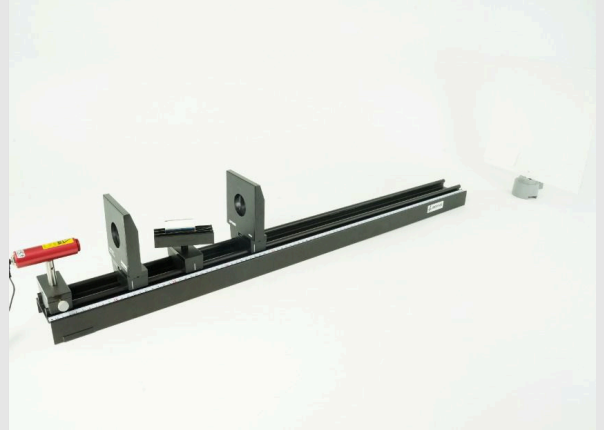
## Aufbau

PHYWE

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

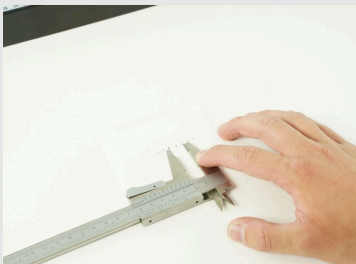
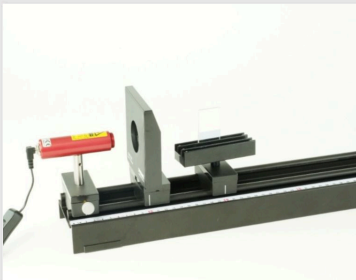
- Reiter mit Diodenlaser bei  $2\text{cm}$
- Fassung mit Skale und eingesetzter Linse  $f = +50\text{cm}$  bei  $13\text{cm}$
- Reiter mit Plattenhalter für Fresnelspiegel bei  $24\text{cm}$
- Fassung mit Skale für Linse  $f = +150\text{cm}$  bei  $36\text{cm}$

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.

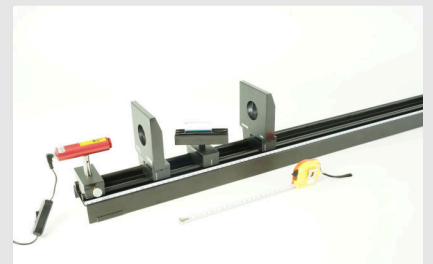
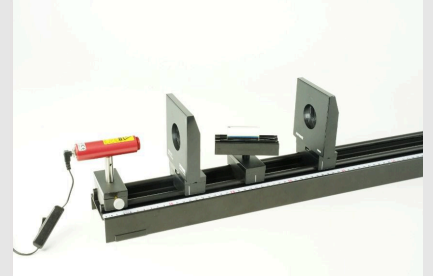


## Durchführung (2/2)

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

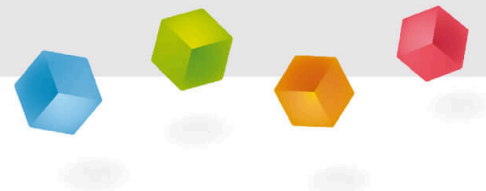
Zur Bestimmung der Wellenlänge des Laserlichts sind zum Schluss folgende Abstände zu bestimmen:

- 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  $L_2$



# 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