Beugung an einem Doppelspalt (Artikelnr.: P1411901)

Curriculare Themenzuordnung

Fachgebiet: Physik → **Bildungsstufe:** Klasse 10-13 → **Lehrplanthema:** Optik → **Unterthema:** Interferenz und Beugung → **Experiment:** Beugung an einem Doppelspalt

Schwierigkeitsgrad	Vorbereitungszeit	Durchführungszeit	empfohlene Gruppengröße
Mittel	10 Minuten	20 Minuten	2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:

Versuchsvarianten:

Schlagwörter:

Einführung

Einleitung

Trifft monochromatisches Licht auf einen Doppelspalt, so zeigen sich hinter diesem auf einem Schirm Intensitätsminima und -maxima, aus deren Lagen bei bekannter Wellenlänge die Spaltbreite und der Spaltmittenabstand bestimmt werden können.

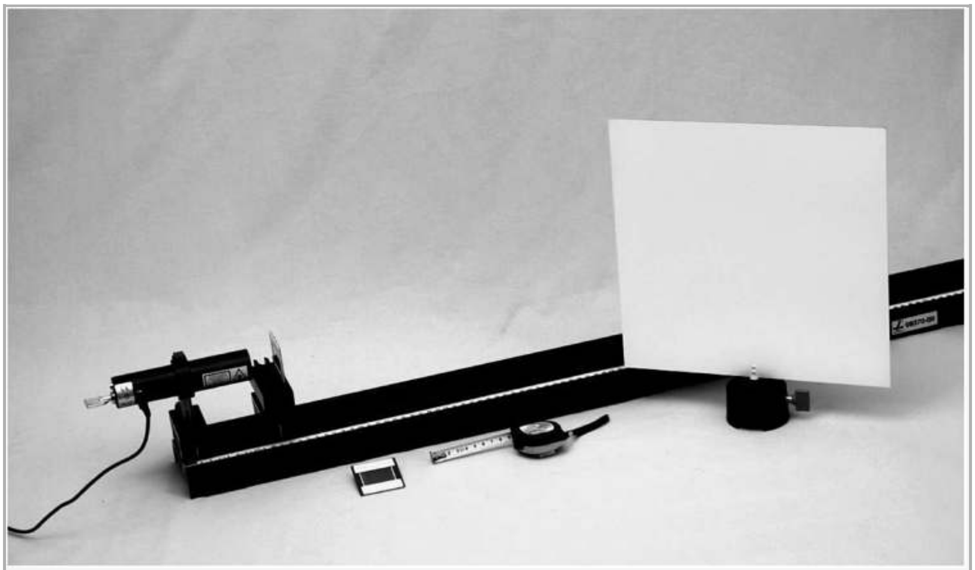

Abb. 1: Versuchsanordnung

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	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
6	Blende mit 4 Doppelspalten	08523-00	1
7	Blende mit 3 Einfachspalten	08522-00	1
8	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
9	Tonnenfuß PHYWE	02006-55	1
10	Maßband, l = 2 m	09936-00	1

Aufgaben

Bestimmung der Spaltbreite und des Spaltmittenabstands eines Spalts.

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 $2\,\mathrm{cm}$
- Reiter mit Plattenhalter und eingesetzter Blende mit Doppelspalten bei $11\,\mathrm{cm}$

Der Tonnenfuß mit Schirm befindet sich in einem Abstand $r \leq 3\,\mathrm{m}$ zur Doppelspaltblende.

Durchführung

Auf dem Schirm, dessen Flächennormale in Richtung der optischen Achse zeigt, wird mit Tesafilm ein Blatt Schreibmaschinenpapier befestigt. Die Blende mit den Doppelspalten wird in dem Plattenhalter so ausgerichtet, dass jeweils ein Doppelspalt vom Laserlicht vollständig durchstrahlt wird. Man bestimmt die Positionen der Minima für verschiedene Doppelspalte. Zum Vergleich führt man eine entsprechende Messung an einem Einfachspalt mit gleicher Spaltbreite durch.

Es empfiehlt sich, mit einem wasserlöslichen Filzstift jeweils die Lagen der Minima zu markieren und deren Abstände $2x$ mit einem Lineal auf $0,5\,\mathrm{mm}$ genau zu bestimmen. Der Abstand r zwischen Spaltblenden und Schirm ist mit dem Maßband zu bestimmen. Sollte der Experimentierraum nicht vollständig abzudunkeln sein, kann der Laser auch zum Hervorheben der Interferenzmuster im 1-mW-Modus betrieben werden. **DABEI IST ABER UNBEDINGT DARAUF ZU ACHTEN, DASS NICHT DIREKT IN DEN LASERSTRAHL GEBLICKT WIRD**.

Beobachtung und Ergebnis

Beobachtung

Fällt ein Laserstrahl auf einen Doppelspalt mit dem Spaltmittenabstand g und der Breite b, so kann man sich den Strahl im Doppelspaltbereich, wie in Abb. 2 dargestellt, in zwei Strahlenbündel zerlegt denken, die unter dem Winkel α gebeugt werden.

Die Randstrahlen des Einfachspaltes haben den Gangunterschied Δl_1. Beträgt dieser ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ, so interferieren diese Strahlen destruktiv. Der Einzelspalt liefert also immer dann Dunkelheit im Interferenzbild, wenn allgemein die Beziehung gilt:

$$\Delta l_1 = k \cdot \lambda = b \cdot \sin\alpha\,;\, k = \pm 1,\, \pm 2,\, \pm 3,\, \ldots \qquad (1)$$

Nun interferieren aber zusätzlich die Strahlen der beiden Spaltbündel miteinander.

Die entsprechenden Randstrahlen des Doppelspaltes haben den Gangunterschied Δl_2.

Beträgt dieser ein ungeradzahliges Vielfaches von $\lambda/2$, so liegt auch hier Auslöschung vor.

Somit hat man zusätzliche Dunkelheit im Interferenzbild bei

$$\Delta l_2 = \frac{2m+1}{2} \cdot \lambda = g \cdot \sin\alpha\,;\, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots \qquad (2)$$

Ist r der Abstand zwischen dem Doppelspalt und dem hinreichend weit entfernten Auffangschirm S und sind weiterhin $x_{k,m}$ die Abstände der Minima vom Mittelpunkt, so ist:

$$\sin\alpha_{k,m} = \frac{x_{k,m}}{\sqrt{x_{k,m}^2 + r^2}} \approx \frac{x_{k,m}}{r} \text{ für } x_{k,m} \ll r \qquad (3)$$

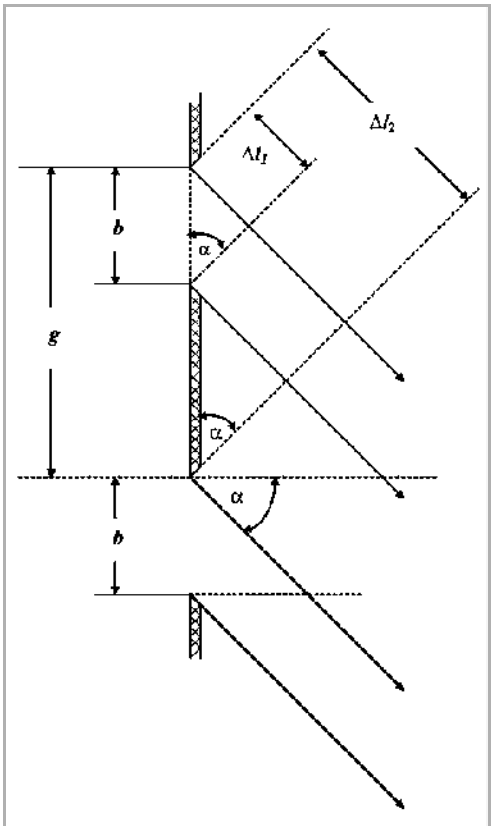

Abb. 2: Beugung an einem Doppelspalt

Aus (1) bzw. (2) folgt:

$$x_k = k\frac{\lambda \cdot r}{b} \text{ bzw. } x_m = \frac{2m+1}{2} \cdot \frac{r\lambda}{g} \qquad (4)$$

Die Breite des zentralen Maximums des Einzelspaltes (Abstand der symmetrisch zum Zentrum liegenden Minima) beträgt $2\lambda \cdot r/b$. Die äquidistanten Maxima eines Doppelspaltes mit gleichem b haben die Breite $\lambda \cdot r/g$. Somit wird das Zentrale Maximum des Einzelspaltes von

$$\frac{2\lambda \cdot r}{b} \Big/ \frac{\lambda \cdot r}{g} = \frac{2g}{b} \qquad (5)$$

zusätzlichen Maxima durchsetzt.

Auswertung

Im Gegensatz zur Beugung am Spalt liefert der Doppelspalt eine Folge von äquidistanten Intensitätsmaxima und -minima. Für die beiden Doppelspalte mit ungleicher Spaltbreite b aber gleichem Spaltmittenabstand g ergeben sich die gleichen Abstände der Maxima und Minima. Haben die Doppelspalte unterschiedliches g aber gleiches b, so verhalten sich die Breiten der Maxima proportional zum Kehrwert von g.

Ein Vergleich der Interferenzbilder verschiedener Doppelspalte mit gleicher Einzelspaltbreite b mit dem Interferenzbild eines Einzelspaltes ebenfalls mit der Breite b bestätigt die in (5) gemachte Aussage (Abb. 3).

Abb. 3: Beugungsmuster eines Spaltes und eines Doppelspaltes mit gleichen Spaltbreiten
oben: Spalt: $b = 0,2\,\mathrm{mm}\,;$ unten: Doppelspalt: $b = 0,2\,\mathrm{mm}$ und $g = 0,3\,\mathrm{mm}$

Für einen Doppelspalt wurden exemplarisch die in der Tabelle angegebenen Abstandswerte $2x_k$ bzw. $2x_m$ gemessen und die zugehörigen Werte für b und g nach (4) berechnet. Aus dem Datenblatt des Diodenlasers wurde für die Wellenlänge der Wert $\lambda = 635\,\mathrm{nm}$ übernommen.

Minima des Doppelspaltes			Maxima des Einfachspaltes		
$\pm m$	$2x_m$ /mm	g /mm	$\pm k$	$2x_k$ /mm	b /mm
0	8,6	0,246	1	41,0	0,103
1	25,5	0,248	2	81,0	0,104
2	40,0	0,264	3	123,0	0,103
3	59,0	0,251			
4	75,0	0,253			
5	92,5	0,251			
6	110,5	0,248			
7	126,5	0,250			
8	141,5	0,254			

Tabelle:
Doppelspalt: $b = 0,1\,\mathrm{mm}\,;\; g = 0,25\,\mathrm{mm}$
Einfachspalt: $b = 0,1\,\mathrm{mm}$
$r = 3325\,\mathrm{mm}$

Aus den Messungen ergeben sich folgende Mittelwerte:

$g = (0,252 \pm 0,005)\,\mathrm{mm}$ und $b = (0,103 \pm 0,002)\,\mathrm{mm}\,;$

Setzt man bei der Bestimmung der $2x_k$-Werte eine Ungenauigkeit von $\pm 0,5\,\mathrm{mm}$ an, so ergibt sich der o. a. relative Fehler von

b. Eine Ungenauigkeit von r um $\pm 5\,\mathrm{mm}$ kann bei der Fehlerbetrachtung vernachlässigt werden.

Der Bereich des zentralen Maximums des Einzelspaltes ($2x_k = 41\,\mathrm{mm}$) wird von 4 Minima des Doppelspaltes durchsetzt, d. h., dass in diesem Bereich 5 Maxima des Doppelspaltes liegen, was mit (5) in Einklang steht.

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de