

Beugung an einem Spalt (Artikelnr.: P1411801)

Curriculare Themenzuordnung



Schwierigkeitsgrad



Mittel

Vorbereitungszeit



10 Minuten

Durchführungszeit



20 Minuten

empfohlene Gruppengröße



2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:

Versuchsvarianten:

Schlagwörter:

Einführung

Einleitung

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

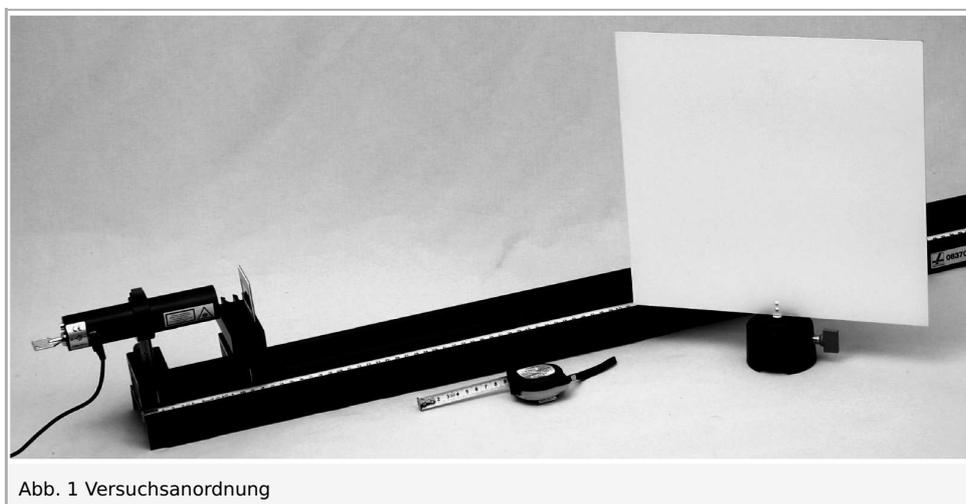


Abb. 1 Versuchsanordnung

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 3 Einfachspalten	08522-00	1
7	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
8	Tonnenfuß PHYWE	02006-55	1
9	Maßband, l = 2 m	09936-00	1

Aufgaben

Bestimmung der Spaltbreite 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 cm
- Reiter mit Plattenhalter und eingesetzter Blende mit Spalten bei 11 cm

Der Tonnenfuß mit Schirm befindet sich in einem Abstand $r \geq 3 \text{ m}$ zur Spaltblende.

Durchführung

Auf dem Schirm, dessen Flächennormale in Richtung der optischen Achse zeigt, wird mit Tesafilm ein Blatt Schreibmaschinenpapier befestigt. Die Blende mit Spalten wird in dem Plattenhalter so verschoben, dass jeweils ein Spalt vom Laserlicht vollständig durchstrahlt wird.

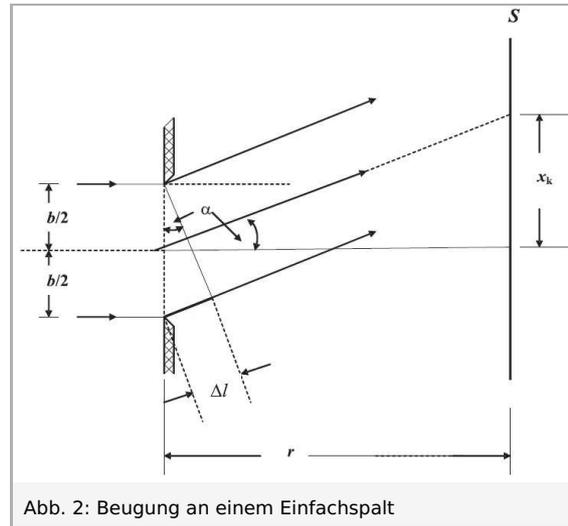
Mit einem wasserlöslichen Filzstift sind die Lagen der Maxima und Minima mehrere Beugungsordnungen zu markieren. Der Abstand r zwischen Spaltblende und Schirm ist mit dem Maßband zu bestimmen. Mit einem Lineal bestimmt man mit einer Genauigkeit von $0,5 \text{ mm}$ die Abstände $2x$ der verschiedenen Intensitätsmaxima und Minima.

Sollte der Experimentierraum nicht vollständig abzudunkeln sein, kann der Laser auch im 1-mW-Modus betrieben werden. **DABEI IST ABER UNBEDINGT DARAUF ZU ACHTEN, DASS NICHT DIREKT IN DEN LASERSTRAHL GEBLICHT WIRD.**

Beobachtung und Ergebnis

Beobachtung

Fällt ein Laserstrahl auf einen Spalt der Breite b , so kann man sich den Strahl im Spaltbereich, wie in Abb. 2 dargestellt, in zwei gleiche Teilbündel zerlegt denken. Beträgt nach der Beugung um den Winkel α der Gangunterschied $\Delta l/2$ zwischen einem Rand- und einem Mittelstrahl ein ganzzahliges Vielfaches von $\lambda/2$, so interferieren diese destruktiv. Dieser Gangunterschied besteht ebenso zwischen jedem Strahl der einen Spalthälfte und einem entsprechenden Strahl der anderen Spalthälfte.



Es ergibt sich also immer dann im Interferenzmuster Dunkelheit, wenn für Δl die Beziehung gilt:

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

Ist r der Abstand zwischen Spalt und dem hinreichend weit entfernten Auffangschirm S und ist weiterhin x_k der Abstand des k -ten Minimums vom Mittelpunkt, so ist:

$$\sin \alpha_k = \frac{x_k}{\sqrt{x_k^2 + r^2}} \approx \frac{x_k}{r} \text{ für } x_k \ll r \quad (2)$$

Aus (1) und (2) folgt für x_k :

$$x_k = k \frac{\lambda \cdot r}{b} \quad (3)$$

Helligkeitsmaxima ergeben sich für die Winkel

$$\sin \alpha_m = \frac{2m+1}{2} \cdot \frac{\lambda}{b}; m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (4)$$

Entsprechend gilt für x_m

$$x_m = m \frac{\lambda \cdot r}{b} + \frac{\lambda \cdot r}{2b} \quad (5)$$

Auswertung

Betrachtet man das Interferenzmuster eines Spaltes, so zeigt sich, dass die Maxima und Minima gleiche Abstände voneinander haben.

Außerdem ist das zentrale Intensitätsmaximum doppelt so breit wie die übrigen Maxima. Vergleicht man die Interferenzmuster der verschiedenen Spalten miteinander, so ist zu erkennen, dass mit abnehmender Spaltbreite die Abstände zwischen den Maxima und Minima zunehmen (Abb. 3).

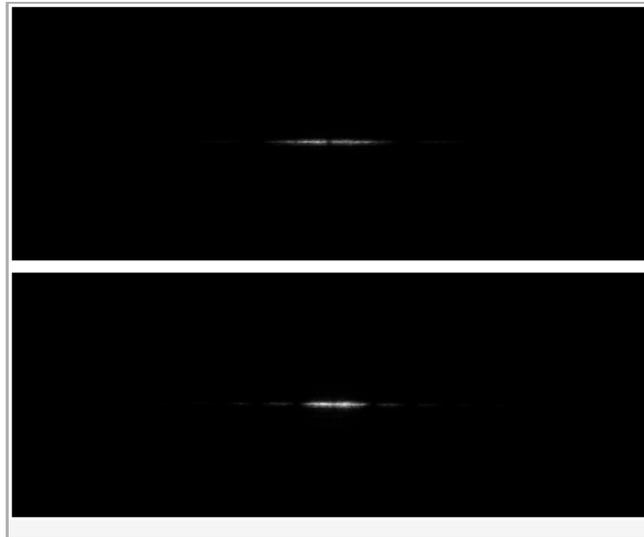


Abb. 3: Beugungsbilder zweier Einfachspalte mit unterschiedlicher Spaltbreite b :
oben: $b = 0,1 \text{ mm}$; unten: $b = 0,2 \text{ mm}$

Für einen Spalt der Breite $b = 0,2 \text{ mm}$ wurden exemplarisch die in der Tabelle angegebenen Abstandswerte $2x_k$ bzw. $2x_m$ gemessen und der zugehörige Wert für die Spaltbreite mit (3) bzw. (5) berechnet. Aus dem Datenblatt des Diodenlasers wurde für die Wellenlänge der Wert $\lambda = 635 \text{ nm}$ übernommen.

Minima			Maxima		
$\pm k$	$2x_k / \text{mm}$	b / mm	$\pm m$	$2x_m / \text{mm}$	b / mm
1	20,5	0,199	1	30,5	0,200
2	40,0	0,204	2	49,5	0,206
3	60,0	0,204	3	70,0	0,204
4	80,0	0,204	4	89,5	0,205
5	99,0	0,206	5	111,0	0,202

Tabelle:
 $r = 3205 \text{ mm}$, Spalt: $b = 0,2 \text{ mm}$

Aus den einzelnen Werten erhält man als Mittelwert für die Spaltbreite:

$b = (0,203 \pm 0,002) \text{ mm}$; $\Delta b/b \approx 1\%$. Eine Ungenauigkeit von r um $\pm 5 \text{ mm}$ kann bei der Fehlerbetrachtung vernachlässigt werden.