

# Beugung am Spalt



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.

Physik

Licht &amp; Optik

Beugung &amp; Interferenz



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/5f5a00b2b1d601000339983f>

PHYWE

# Allgemeine Informationen



## Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Trifft monochromatisches Licht auf einen engen Spalt, so zeigt sich hinter diesem auf einem Schirm ein Interferenzmuster mit Intensitätsmaxima und -minima.

Anhand deren Lagen bei bekannter Wellenlänge die Spaltbreite bestimmt werden kann.

## 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



Ein Laserstrahl leuchtet durch eine Blende mit Einfachspalten und erzeugt ein Interferenzmuster an einem sich dahinter befindenen Schirm.

Anhand des Interferenzmuster lassen sich die Intensitätsminima und -maxima ablesen und bei bekannter Wellenlänge auch die ursprüngliche Spaltbreite bestimmen.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

### Lernziel



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.

### Aufgaben



- Beobachten der Interferenzmuster am Schirm.
- Markieren der Lagen der Maxima und Minima am Schirm.
- Bestimmung der Spaltbreite eines Spalts.

## Sicherheitshinweise

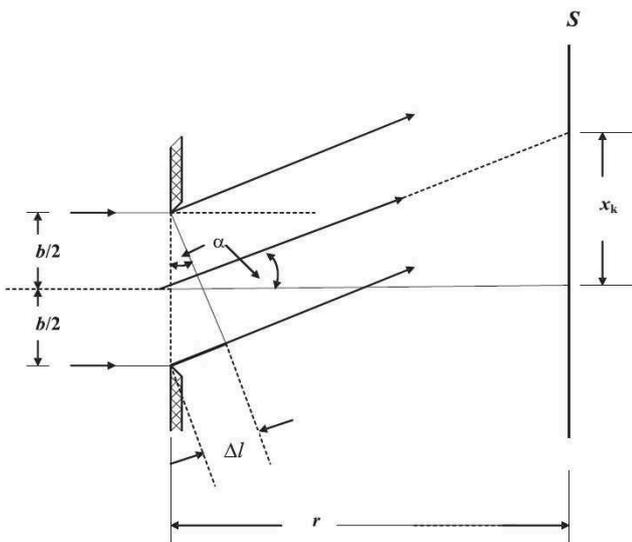
PHYWE



Es ist unbedingt darauf zu achten, dass nicht direkt in den Laserstrahl geblickt wird.

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

## Theorie (1/3)



Fällt ein Laserstrahl auf einen Spalt der Breite  $b$ , so kann man sich den Strahl im Spaltbereich, wie links dargestellt, in zwei gleiche Teilbündel zerlegt denken.

Beträgt nach der Beugung um den Winkel  $\alpha$  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 entsprechendem Strahl der anderen Spalthälfte.

## Theorie (2/3)

Es ergibt sich also immer dann im Interferenzmuster Dunkelheit, wenn für  $\Delta l$  die Beziehung gilt:

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

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:

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



## Theorie (3/3)

Aus (1) und (2) folgt für  $x_k$ :

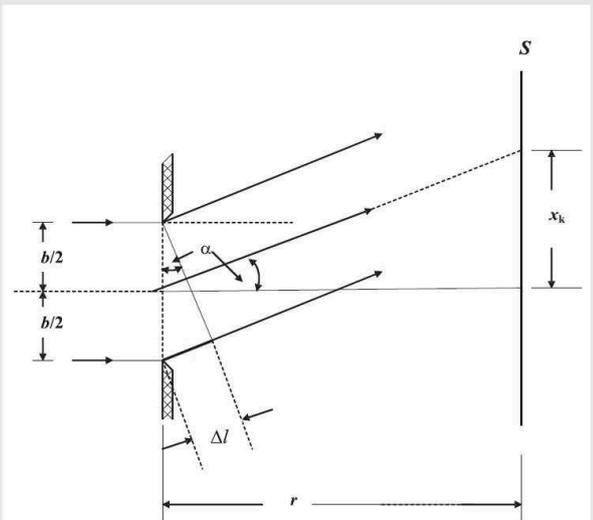
$$x_k = k \frac{\lambda * r}{b} \quad (3)$$

Helligkeitsmaxima ergeben sich für die Winkel

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

Entsprechend gilt für  $x_m$

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



## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Optische Profilbank, l = 1000 mm	08370-00	1
2	Reiter für optische Profilbank	09822-00	3
3	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
4	Blende mit 3 Einfachspalten	08522-00	1
5	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
6	Tonnenfuß, für 1 Stange, d ≤ 13 mm	02004-00	1
7	Maßband, l = 2 m	09936-00	1
8	Diodenlaser, 1 mW, 635 nm (rot) mit kurzem Stiel	08761-99	1

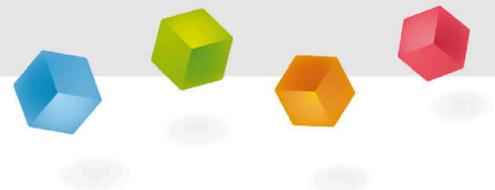
## Zusätzliches Material

PHYWE

<u>Position</u>	<u>Material</u>	<u>Menge</u>
1	Tesafilm	1
2	weißes Blatt Papier	1

PHYWE

## Aufbau und Durchführung



## Aufbau

PHYWE

Der Versuchsaufbau erfolgt wie in Abb. 1 gezeigt.

Die Strichmarken der Reiter zur Halterung der Komponenten haben auf der optischen Bank folgende Positionen.

- Reiter mit Diodenlaser bei  $2\text{cm}$
- Reiter mit Plattenhalter und eingesetzter Blende mit Spalten bei  $11\text{cm}$

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



Abb. 1

## Durchführung

PHYWE

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 mehrerer 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.



PHYWE

# Auswertung



## Auswertung (1/4)

$\pm k$	$2x_k / mm$
1	20,5
2	40,0
3	60,0
4	80,0
5	99,0

$\pm m$	$2x_m / mm$
1	30,5
2	49,5
3	70,0
4	89,5
5	111,0

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.2).

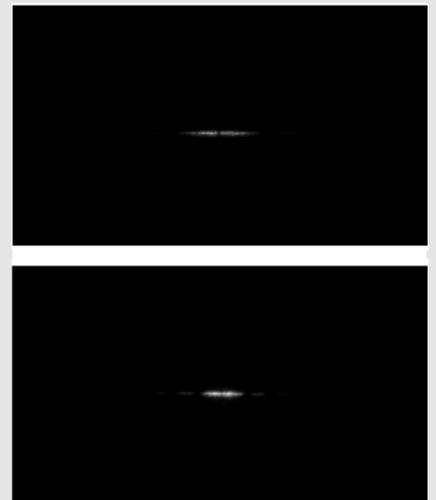


Abb. 2

## Auswertung (2/4)

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.

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.

### Berechnete Ergebnisse aus den Beispieldaten:

$\pm k$	$b/\text{mm}$
1	0,199
2	0,204
3	0,204
4	0,204
5	0,206

$\pm k$	$b/\text{mm}$
1	0,200
2	0,206
3	0,204
4	0,205
5	0,202

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

## Auswertung (3/4)

PHYWE

Wofür steht hier  $b$  ?

 Spaltbreite

 Spaltmittenabstand

 Wellenlänge

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

 Wahr

 Falsch

 Überprüfen

## Auswertung (4/4)

PHYWE

Worauf muss geachtet werden, damit die Formel das richtige Ergebnis liefert?

Alle gegebenen Werte müssen in die Basiseinheiten umgerechnet werden.

Die Wellenlänge  $\lambda$  darf nicht kleiner als 700nm sein.



Folie	Punktzahl/Summe
Folie 17: Mehrere Aufgaben	0/4
Folie 18: Formel richtig lösen	0/1

Gesamtsumme  0/5

 Lösungen

 Wiederholen