

# Beugung an Mehrfachspalten



An Beugungsobjekten mit steigender Spaltanzahl wird demonstriert, welchen Einfluss das Zusammenspiel mehrerer Spalte auf die resultierenden Interferenzmuster hat.

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/5f5f4cbb7185be0003036428>

**PHYWE**

## Allgemeine Informationen

### Anwendung

**PHYWE**

Versuchsaufbau

Trifft monochromatisches Licht auf Mehrfachspalten, so zeigt sich hinter diesen auf einem Schirm ein Interferenzmuster mit Intensitätsmaxima und -minima.

Mit steigender Spaltanzahl werden die Helligkeitsmaxima intensiver und schärfer ausgeprägt, deren Lage bleibt aber unabhängig von der Anzahl der Spalten.

Optische Gitter werden vorwiegend in der Spektralanalyse zur Wellenlängenbestimmungen eingesetzt.

## 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 Mehrfachspalten und erzeugt ein Interferenzmuster an einem sich dahinter befindenden Schirm.

Durch das Zusammenwirken der einzelnen Strahlenbündel lassen sich scharf ausgeprägte Hauptmaxima und intensitätschwächere Nebenmaxima beobachten.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

### Lernziel



Mit steigender Spaltanzahl  $n$  sind die Helligkeitsmaxima intensiver und schärfer ausgeprägt, ihre Lage bleibt jedoch unabhängig von der Anzahl der Spalten.

Außerdem liegen zwischen zwei benachbarten Hauptmaxima jeweils  $n - 2$  Nebenmaxima und  $n - 1$  Minima.

### Aufgaben



- Beobachten der Interferenzmuster am Schirm.
- Bestimmung des Einflusses des Zusammenspiels mehrerer Spalte auf die resultierenden Interferenzmuster.

## Sicherheitshinweise

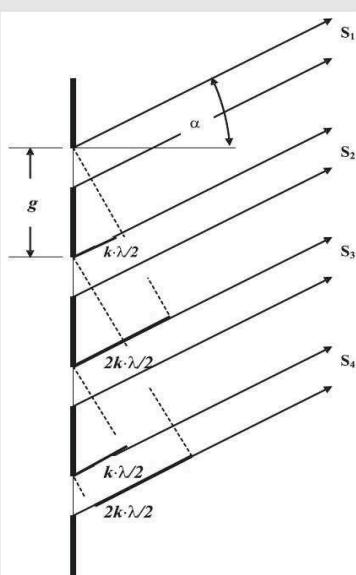


PHYWE

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 (1/2)



Bei der Beugung des Lichtes an regelmäßig angeordneten, identischen Spalten interferieren nicht nur die von einem Einzelspalt des Systems gebeugten Strahlen, sondern auch alle an den übrigen Spalten gebeugten Strahlenbündel untereinander. Die Abbildung links verdeutlicht exemplarisch die Situation an einem 4-fach Spalt.

Man betrachtet zunächst die Interferenzen der Strahlenbündel  $S_1/S_2$  und  $S_3/S_4$ , die von zwei benachbarten Spalten ausgehen, die jeweils einem Doppelspaltsystem entsprechen. Homologe Strahlen dieser gebeugten Bündel haben einen Gangunterschied. Beträgt dieser  $k * \lambda/2$ , wobei  $k$  eine gerade Zahl sein muss, so ergibt sich Helligkeit. Andererseits herrscht Dunkelheit, wenn  $k$  ungerade ist.

Nun interferieren zusätzlich die Strahlenbündel  $S_1/S_3$  und  $S_2/S_4$  miteinander.

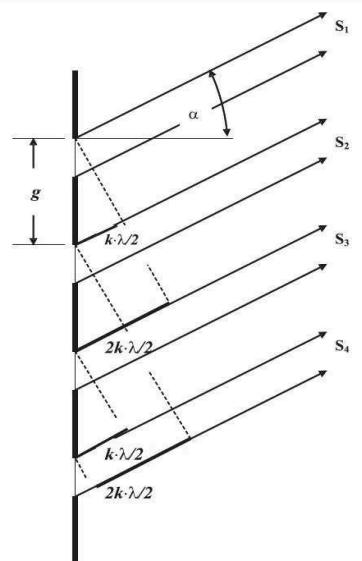
## Theorie (2/2)

Diese Strahlenbündel haben einen Gangunterschied von  $2k * \lambda/2$ .

Sie erzeugen Helligkeit, wenn  $2k * \lambda/2$  ein geradzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge ist. Entsprechend löschen sich diese Strahlen aus, wenn  $2k$  eine ungerade Zahl ist.

Das Zusammenwirken aller Strahlenbündel führt zu einem Interferenzmuster, das aus scharf ausgeprägten Hauptmaxima besteht, zwischen denen jeweils 2 intensitätsschwächere Nebenmaxima liegen.

Es gilt allgemein: Besteht ein Beugungssystem aus  $n$ -Spalten, dann liegen zwischen zwei benachbarten Hauptmaxima jeweils  $n - 2$  Nebenmaxima und  $n - 1$  Minima. Überlagern sich konstruktiv  $n$ -Strahlen der Amplitude  $A$ , so beträgt die Intensität des entsprechenden Helligkeitsmaximums  $(nA)^2$ .



## 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 4 Mehrfachspalten	08526-00	1
5	Gitter, 10 Striche/mm	08540-00	1
6	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
7	Tonnenfuß, für 1 Stange, $d \leq 13$ mm	02004-00	1
8	Maßband, $l = 2$ m	09936-00	1
9	Diodenlaser, 1 mW, 635 nm (rot) mit kurzem Stiel	08761-99	1

## Zusätzliches Material



Position	Material	Menge
1	Pappstreifen	2



## Aufbau und Durchführung

## Aufbau

PHYWE

Abb. 1. zeigt den Versuchsaufbau. Der Diodenlaser steht am Kopfende der optischen Bank.

Dicht dahinter befindet sich der Plattenhalter in einem Reiter. Der Schirm wird im Tonnenfuß befestigt und ca. 4m von der Blende entfernt aufgestellt.



Abb. 1

## Durchführung



Die Blende mit Mehrfachspalten wird in den Plattenhalter eingesetzt. Nacheinander werden die Mehrfachspalte so in den Strahlengang geschoben, dass die Spalte voll ausgeleuchtet sind. Es kann vorkommen, dass der Strahlquerschnitt eines Diodenlasers nicht kreisförmig, sondern oval ist, wobei die Längsachse des Ovals senkrecht steht. Um dennoch einen Mehrfachspalt voll ausleuchten zu können, setzt man in diesen Fällen die Blende mit horizontal liegenden Spalten ein, was allerdings zur Folge hat, dass die Beugungsmuster in ungewohnter Weise senkrecht verlaufen.



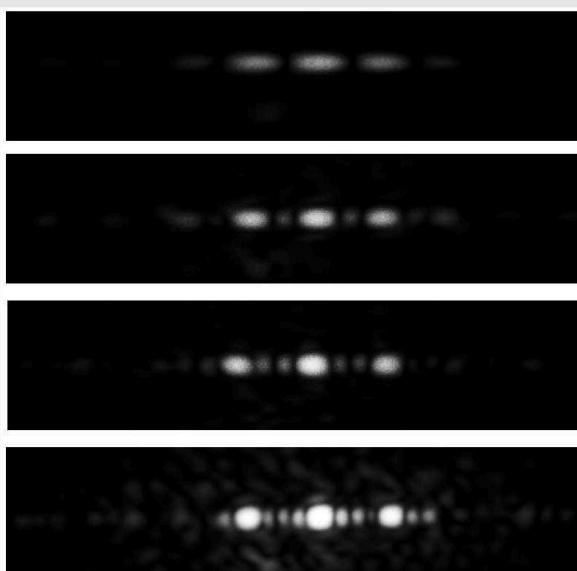
Zum Vergleich wird zum Schluss das Interferenzmuster des Gitters untersucht. Um das Verhalten unterschiedlicher Spaltanzahl bei gleicher Gitterkonstante zu erkennen, wird mit Hilfe von zwei Pappstreifen, die im Plattenhalter vor das Gitter geschoben werden, die Querschnittsfläche des Laserstrahls verändert.

PHYWE



## Auswertung

### Auswertung (1/4)



Die Abbildung links zeigt für die Spaltsysteme  $n = 2, 3, 4, 5$  mit der Spaltanzahl die zugehörigen Interferenzmuster.

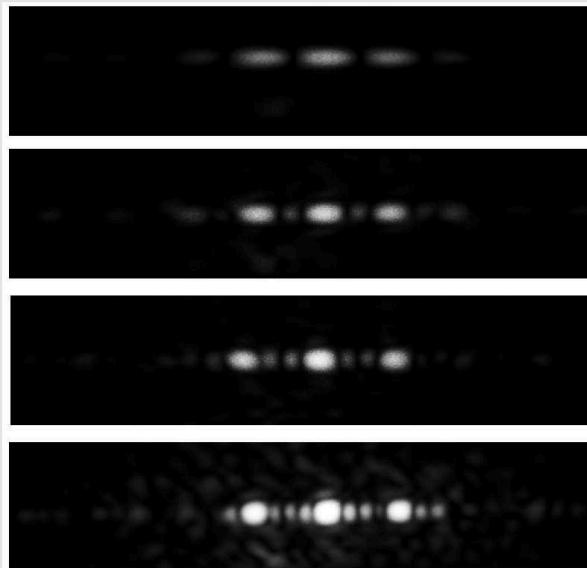
Es zeigt sich, dass mit steigendem  $n$  die Helligkeitsmaxima intensiver und schärfer ausgeprägt werden, deren Lage aber von der Anzahl der Spalte unabhängig ist.

Außerdem wird bestätigt, dass zwischen zwei benachbarten Hauptmaxima jeweils  $n - 2$  Nebenmaxima und  $n - 1$  Minima liegen (s. Tabelle).

## Auswertung (2/4)

Anzahl $n$ der Spalte	Anzahl der Nebenmaxima
2	0
3	1
4	2
5	3

Anzahl $n$ der Spalte	Anzahl der Nebenminima
2	1
3	2
4	3
5	4



Der Vergleich mit dem Gitter liefert ein noch deutlicheres Ergebnis.

Mit zunehmender Breite des vorgesetzten Hilfspaltes, also mit steigender Anzahl der aktiven aber gleichen Gitteröffnungen, werden die Hauptmaxima immer schärfer. Bei maximaler Breite des Hilfspaltes sind scharfe Hauptmaxima aber fast keine Nebenmaxima mehr zu erkennen.

## Auswertung (3/4)

Wie viele Nebenmaxima gibt es bei  $n = 10$  Spalten?

8

9

6



## Auswertung (4/4)

PHYWE

Wodurch gelingt es die Hauptmaxima sehr scharf und die Nebenmaxima sehr schwach darzustellen?

Durch das Minimieren der Breite des Hilfspaltes.

Durch das Maximieren der Breite des Hilfspaltes.

Durch das Verändern der Abstände zwischen Gitter, Schirm und Laser.

Ist die Lage der Helligkeitsmaxima abhängig von der Spaltanzahl?

Nein, die Lage der Helligkeitsmaxima ist nicht abhängig von der Spaltanzahl.

Ja, die Lage der Helligkeitsmaxima ist abhängig von der Spaltanzahl.

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 16: Nebenmaxima

0/2

Folie 17: Mehrere Aufgaben

0/2

Gesamtsumme

0/4

 Lösungen Wiederholen

11/11