

Beugung an Mehrfachspalten mit Laser



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

Physik

Licht & Optik

Beugung & Interferenz



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:



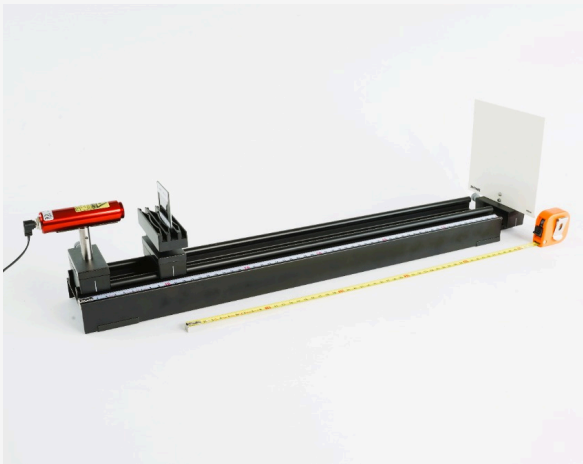
<http://localhost:1337/c/66f658b12f8bd80002352c35>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung



Der 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.

Mehrfachspalten (Optische Gitter) werden vorwiegend in der Spektralanalyse zur Wellenlängenbestimmungen eingesetzt. Ein alltägliches Beispiel für die Beugung an Gittern sind Lichtreflexe, die auf einer CD auftreten.

Sonstige Lehrerinformationen (1/4)

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 scheint durch eine Blende mit Mehrfachspalten und erzeugt ein Interferenzmuster an einem sich dahinter befindenen Schirm.

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

Sonstige Lehrerinformationen (2/4)

PHYWE

Lernziel



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

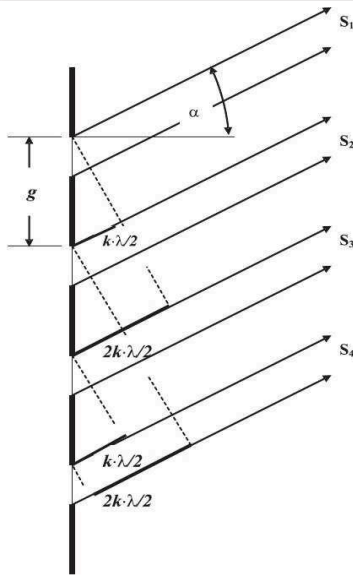
Außerdem liegen zwischen zwei benachbarten Hauptmaxima jeweils $n - 2$ Nebenmaxima und $n - 1$ Minima.

Aufgaben



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

Sonstige Lehrerinformationen (3/4)



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 Doppelspaltssystem entsprechen. Homologe Strahlen dieser gebeugten Bündel haben einen Gangunterschied. Beträgt dieser $k \cdot \lambda/2$, 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.

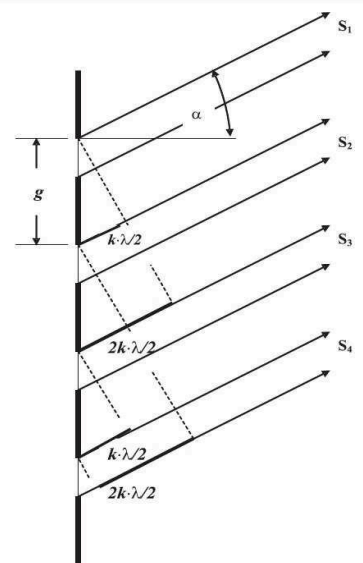
Sonstige Lehrerinformationen (4/4)

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

Sie interferieren konstruktiv und erzeugen helle Lichtpunkte, wenn $2k$ ein geradzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge ist und löschen sich 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 $(nA)^2$.



Sicherheitshinweise

PHYWE

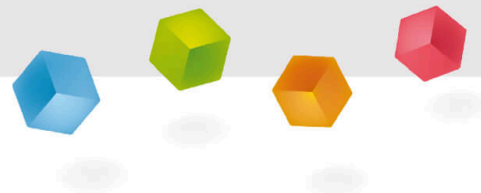


Es ist unbedingt darauf zu achten, dass nicht direkt in den Laserstrahl geblickt wird.

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

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



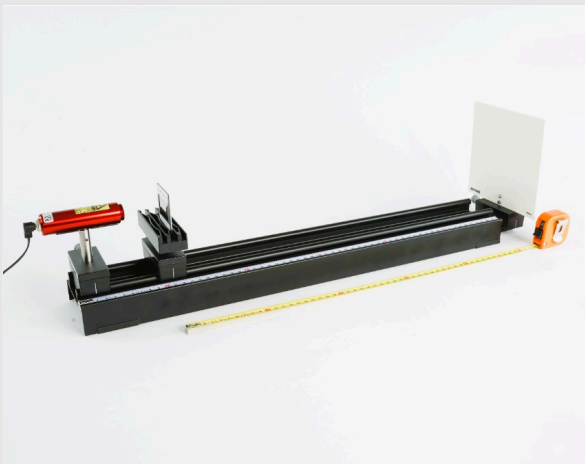
Lichtreflektion auf einer CD

Als Licht bezeichnet man den für den Menschen sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Mit Beugungsobjekten, wie beispielsweise ein Mehrfachspalt, kann ein besonderes Phänomen des Lichtes - die Interferenzfähigkeit - beobachtet werden, die auf einen Wellencharakter des Lichtes hinweisen. Ein alltägliches Beispiel für die Beugung an Gittern sind Lichtreflexe, die auf einer CD auftreten.

Doch wie sieht ein Interferenzmuster aus und welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten liegen ihm zugrunde? Diese Fragen werden in diesem Versuch untersucht.

Aufgaben

PHYWE



Der Versuchsaufbau

1. Untersuche die Beugungsmuster, die durch 2, 3, 4 oder 5 gleich breite Spalte (Mehrfachspalte) erzeugt werden.
2. Vergleiche das Beugungsmuster eines Gitters mit den Beugungsmustern der Mehrfachspalte.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Optische Profilbank für Schülerversuche, l = 600 mm	08376-00	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	Schirm, weiß, 150 mm x 150 mm	09826-00	1
6	Maßband, l = 2 m	09936-00	1
7	Diodenlaser, 1 mW, 635 nm (rot-3V) mit kurzem Stiel, l = 75 mm	08771-99	1

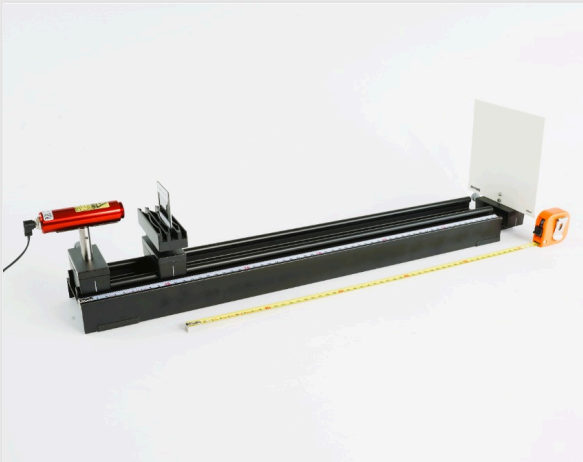
Zusätzliches Material

PHYWE

Position	Material	Menge
1	Pappstreifen	2

Aufbau

PHYWE



Der Versuchsaufbau

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 cm
- Reiter mit Plattenhalter und eingesetzter Blende mit Mehrfachspalten bei 10 cm

Der Tonnenfuß mit Schirm befindet sich in einem Abstand $r = 1,5 \text{ m}$ zur Doppelspaltblende.

Durchführung (1/4)

PHYWE



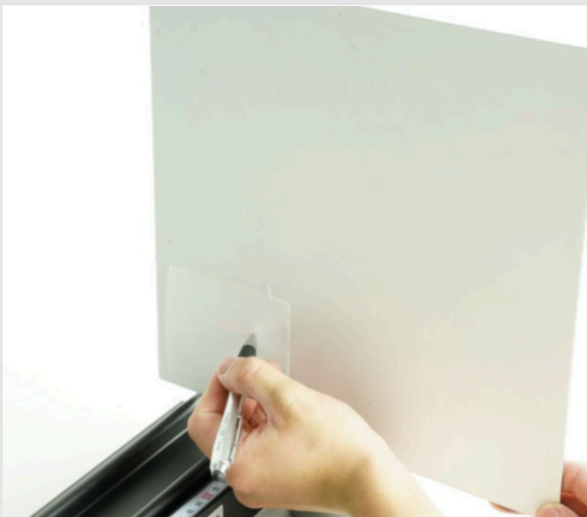
Detailansicht

Die Blende mit Mehrfachspalten wird in den Plattenhalter eingesetzt. Schalte das Netzteil des Lasers ein.

Nacheinander werden die Mehrfachspalte so in den Strahlengang geschoben, dass die Spalte voll ausgeleuchtet sind (siehe nächste Seite). 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.

Durchführung (2/4)

PHYWE



Markiere die Haupt- und Nebenmaxima

- Untersuche die Beugungsmuster in Bezug auf mögliche Interferenz-**Neben**maxima und Minima, die zwischen den Helligkeits-Maxima auftreten, die als **Haupt**maxima bezeichnet werden.
- Zähle die **Haupt**maxima, die **Neben**maxima und die Minima und trage die Ergebnisse in eine Tabelle ein. Kennzeichne die Intensität mit groß, mittel, gering oder sehr gering und trage dies ebenfalls in die Tabelle ein.

Durchführung (3/4)

PHYWE



Versuchsaufbau mit
eingesetztem Stück Pappe

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.

- Decke das Gitter mit den beiden lichtundurchlässigen Pappstreifen so ab, dass zunächst ein breiter Bereich des Gitters symmetrisch zur optischen Achse unverdeckt bleibt.

Durchführung (4/4)

PHYWE

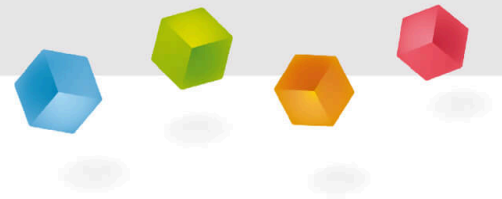


Versuchsaufbau mit
eingesetztem Stück Pappe

- Verschiebe die beiden lichtundurchlässigen Pappstreifen gleichmäßig zur optischen Achse und verkleinere so den vom Gitter benutzten Bereich. Auf diese Weise verringert sich die Anzahl der ausgeleuchteten Beugungsspalte.
- Beschreibe schriftlich die Veränderungen des Beugungsmusters. Schalte abschließend das Netzgerät aus.

PHYWE

Protokoll



Aufgabe 1

PHYWE

Ordne den Interferenzmustern das richtige Spaltsystem mit $n = 2, 3, 4$ und 5 zu.

 $n = 2$ $n = 3$ $n = 4$ $n = 5$

✓ Überprüfen

Aufgabe 2

PHYWE

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



Aufgabe 3 und 4

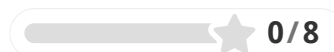
PHYWE

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

Ist die Lage der Helligkeitsmaxima abhängig von der Spaltanzahl?

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 19: Ordne den Interferenzmustern das richtige Spaltsystem mit...	0/4
Folie 20: Nebenmaxima	0/2
Folie 21: Mehrere Aufgaben	0/2

Gesamtsumme



Lösungen



Wiederholen