

Beugung an Kreisöffnungen mit Laser



Werden kreisförmige Öffnungen mit kohärentem Licht beleuchtet, so entstehen dahinter durch Beugung und Interferenz abwechselnd konzentrische helle und dunkle Kreise. Die Intensität der Interferenzmaxima nimmt mit zunehmender Entfernung von Zentrum rasch ab. Werden die kreisförmigen Öffnungen gegen Kreisblenden ausgetauscht, so zeigen sich ähnliche Interferenzmuster. An jedem Ort auf der Mittelachse des geometrischen Schattenbereichs ist immer Helligkeit zu beobachten.

Physik

Licht & Optik

Beugung & Interferenz



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

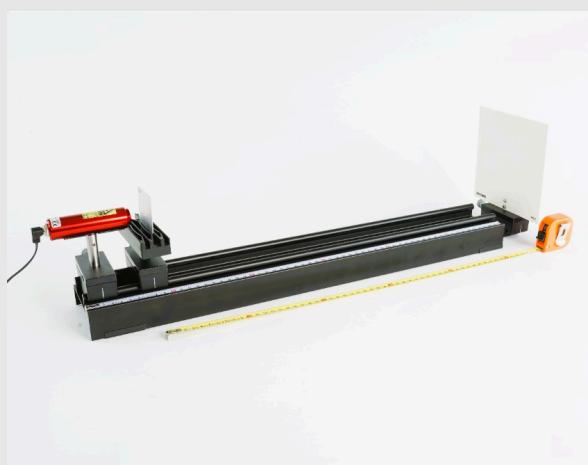
This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/66fa6c4a95cb700002f2ec05>

PHYWE

Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE

Der Versuchsaufbau

Werden kreisförmige Öffnungen mit kohärentem Licht beleuchtet, so entstehen durch Beugung und Interferenz abwechselnd konzentrische helle und dunkle Kreise.

Im Alltag kann dieses Phänomen sichtbar werden, wenn man zum Beispiel durch ein kreisförmiges Loch in einer Jalousie oder einem Blatt dem Licht entgegenschaut.

Zwei eng benachbarte Objekte können mit einem Mikroskop nur dann noch getrennt beobachtet werden, wenn das zentrale Helligkeitsmaximum des Beugungsbildes des einen Objekts mit dem ersten Minimum des Beugungsbildes des anderen Objekts zusammenfällt.

Sonstige Lehrerinformationen (1/3)

PHYWE

Vorwissen



Es sollte bereits bekannt sein, dass Beugung und Interferenz sowohl an Öffnungen als auch an Hindernissen stattfindet. Dafür bietet es sich an, vorher den Versuch "Beugung an einem Steg – Babinettsches Theorem" durchzuführen.

Prinzip



Wenn Loch- oder auch Kreisblenden mit kohärentem Licht beleuchtet werden, ist der Rand des jeweiligen Objektes Ausgangspunkt von Elementarwellen, welche miteinander interferieren.

Auf der Mittelachse des Objektes haben diese Elementarwellen jeweils einen Gangunterschied von Null, sodass sich dort sowohl bei den Loch-als auch bei den Kreisblenden ein Helligkeitsmaximum befindet.

Sonstige Lehrerinformationen (2/3)

PHYWE

Lernziel



Sowohl an Loch- als auch an Kreisblenden findet Interferenz statt. Auf der Mittelachse der Beugungsobjekte haben die interferierenden Elementarwellen einen Gangunterschied von Null, sodass sich auch im geometrischen Schattenraum hinter Kreisblenden ein Intensitätsmaximum befindet. Dieses heißt Poissonscher Fleck.

Aufgaben



Die Schüler untersuchen die Interferenzmuster, die bei der Beugung von Licht an einem kreisförmigen Loch geringen Durchmessers auftreten. Mit deren Hilfe soll die Wellenlänge von rotem Licht ermittelt werden.

Sonstige Lehrerinformationen (3/3)

PHYWE

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Der Experimentierraum sollte gut verdunkelt sein, weil die als Lichtquelle fungierende kreisförmige Öffnung nur einen geringen Durchmesser haben darf und daher mit Intensitätsschwachen Lichtbündeln gearbeitet werden muss.

Zur Herstellung der Lochblende mit $d = 0,1$ mm wird ein Stück Karton zugeschnitten und mit der Spitze einer möglichst dünnen Nadel in der Mitte durchgestochen. Der Lochdurchmesser sollte $0,1 \dots 0,15$ mm betragen, aber nicht größer sein.

Anmerkung

Ein quantitativer Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der beugenden Öffnung und dem Durchmesser des 1. Intensitätsminimums kann von den Schülern gefunden werden, wenn es ihnen gelingt, die Beugungsbilder auch für die Blenden mit $d = 1$ mm und $d = 0,1$ mm auszumessen

Sicherheitshinweise

PHYWE



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

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE



Schülerinformationen

Motivation

PHYWE



Die Blende einer Kamera

Als Licht bezeichnet man den für den Menschen sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Mit Beugungsobjekten kann ein besonderes Phänomen des Lichtes - die Interferenzfähigkeit - beobachtet werden, die auf einen Wellencharakter des Lichtes hinweist. Eines dieser Objekte ist die kreisförmige Öffnung, wie sie zum Beispiel die Blende einer Kamera.

Je nachdem, welche Form die Beugungsobjekte haben, ändern sich entsprechend auch die Interferenzmuster.

Aufgaben

PHYWE



Der Versuchsaufbau

1. Untersuche die Interferenzmuster, die bei der Beugung von Licht an einem kreisförmigen Loch geringen Durchmessers auftreten.
2. Ermittle mit deren Hilfe die Wellenlänge von rotem Licht.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Optische Profilbank für Schülerversuche, $l = 600$ mm	08376-00	1
2	Reiter für optische Profilbank	09822-00	2
3	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
4	Lochblende, $d = 0,4$ mm	08206-04	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

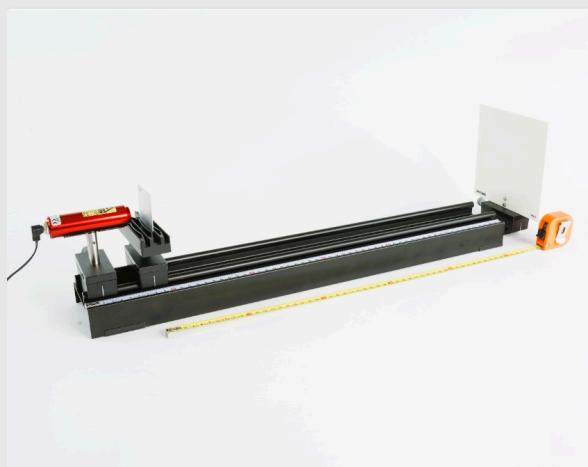
Zusätzliches Material

PHYWE

Position	Material	Menge
1	Tesafilm	1
2	weißes Blatt Papier	1
3	Stück Pappe	1
4	Nadel	1

Aufbau (1/2)

PHYWE



Versuchsaufbau ohne Zerstreuungslinse

Die Reiter zur Halterung der Komponenten werden wie in der Abbildung gezeigt auf die optische Bank gesetzt, mit den Strichmarken auf den folgenden Positionen.

- Reiter mit Diodenlaser bei 2 cm.
- Fassung mit eingesetzter Lochblende ($d = 0,4$ mm) mit Beugungsobjekten bei 8 cm.

Zur Untersuchung der Beugung an Kreisblenden ist es vorteilhaft, zur vergrößerten Abbildung des Beugungsbildes die Zerstreuungslinse $f = -50$ mm hinzuzufügen (nicht im Set enthalten). Dafür wird die Fassung mit eingesetzter Lochblende bei 20 cm und die Linse in der Fassung bei ca. 13 cm eingesetzt.

Aufbau (2/2)

PHYWE

Versuchsaufbau mit Zerstreuungslinse

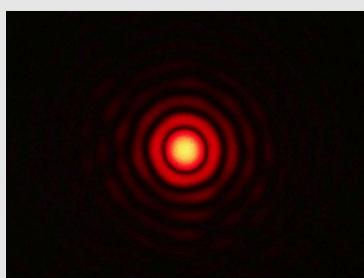
Der Schirm wird im Reiter befestigt und bei 58 cm platziert.

Versuchsaufbau ohne Zerstreuungslinse

Der Schirm wird im Reiter befestigt und ca. 1,5 - 4 Meter von der Blende entfernt aufgestellt.

Durchführung

PHYWE



Auf dem Schirm, dessen Flächennormale in Richtung der optischen Achse zeigt, wird mit Tesafilm ein Blatt Papier befestigt. Der Raum wird verdunkelt.

Zuerst werden nacheinander die Lochblenden symmetrisch mit Laserlicht ausgeleuchtet.

Nun sind auf dem Schirm konzentrische Kreise zu beobachten. Zur Bestimmung der Durchmesser d_n werden die Minimakreise auf dem Blatt markiert.

Der Abstand r zwischen Beugungsobjekt und Schirm wird mit dem Maßband bestimmt. Die Durchmesser d_n der Kreise werden mit der Schieblehre ermittelt.



PHYWE



Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Ziehen Sie die Kasten in die richtigen Felder.

Das Beugungsmuster besteht aus einer roten [red box] und dazu konzentrischen, kreisförmigen farbigen [colorful concentric rings box], deren [intensity box] nach außen hin stark abnimmt. Jeder dieser Kreisringe enthält das [color spectrum box] von Violett bis Rot - vom gemeinsamen Zentrum her gesehen.

- Interferenzstreifen
- Kreisscheibe
- Spektrum
- Intensität

Überprüfen

Aufgabe 2



Vergleiche die Durchmesser der 1. Intensitätsminima miteinander und stelle einen Bezug zu den Durchmessern der Beugungsöffnungen her.

- Der Durchmesser des 1. Intensitätsminimums ist um so größer, je kleiner der Durchmesser der beugenden Öffnung ist.
- Je kleiner der Durchmesser der beugenden Öffnung ist, um so größer ist der Durchmesser des 1. Intensitätsminimums.
- Unabhängig von dem Durchmesser der Beugungsöffnung bleibt der Durchmesser des 1. Intensitätsminimums immer gleich.

 Überprüfen

Aufgabe 3



Gleichung der Wellenlänge

Wie lautet die Gleichung zur Beugung von Licht am schmalen Steg?
Berechnen Sie nun die mittlere Wellenlänge des Lichtes unter der Voraussetzung, dass diese Gleichung näherungsweise auch für die Beugung an einer engen kreisförmigen Öffnung gilt.

$$\lambda = \frac{r}{b}$$

 *r*

Entfernung Beugungsspalt - Beobachtungsebene

 *d_n*

Abstand des n-ten Interferenzminimums von der optischen Achse

 *n*

Ordnung des Interferenzminimums

 *b*

Spaltbreite

 Überprüfen

Aufgabe 4 und 5



Was geschieht mit zunehmendem Durchmesser der Blende?

- Der Durchmesser des zentralen Maximums wird kleiner.
- Es sind mehr Maxima zusehen.
- Die Abstände der Maxima werden kleiner.

 Überprüfen

Wie heißt das Prinzip, nach dem die Beugungsbilder von Loch- und Kreisblenden bis auf das zentrale Maximum identisch sind?

Lloydsches Prinzip.

Fresnelsche Regel.

Babinettsches Theorem.

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 16: Beschreibung der Beobachtungen

0/4

Folie 17: Zusammenhang zw. Durchmesser und Beugungsöffnungen

0/1

Folie 18: Gleichung der Wellenlänge

0/4

Folie 19: Mehrere Aufgaben

0/4

Gesamtpunktzahl

 0/13



Lösungen anzeigen



Wiederholen

12/12