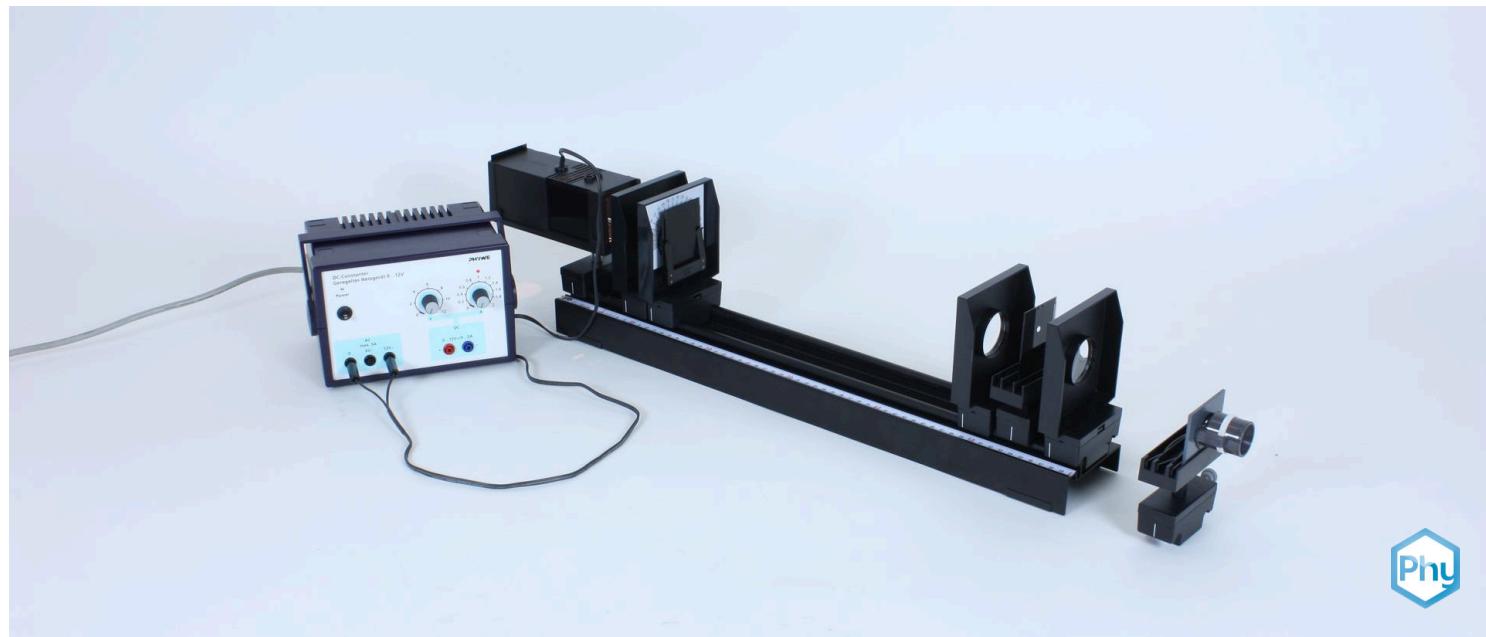


Beugung an einem System von kreisförmigen Öffnungen gleichen Durchmessers



Physik

Licht & Optik

Beugung & Interferenz



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

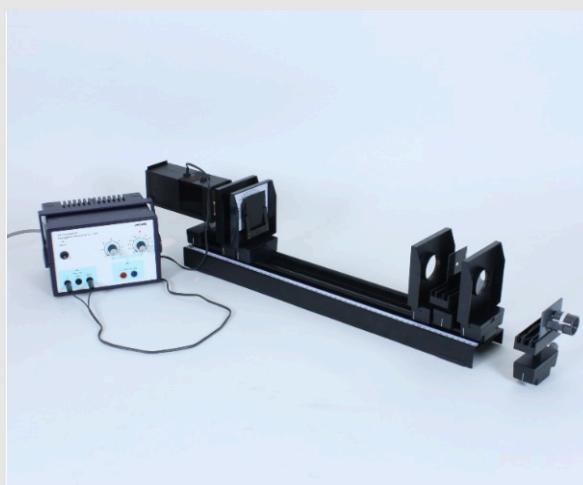
This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5fb586431f13b300036969a2>

PHYWE

Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE

Der Versuchsaufbau

Beugung von Licht tritt, obwohl sie nicht immer beobachtbar ist, praktisch überall im Alltag auf, auch an Objekten wie einem kreisförmigen Loch.

Durch diesen Versuch werden die geeigneten Bedingungen geschaffen, damit die Wellennatur von Licht durch die Beugung an einem System von kreisförmigen Öffnungen gleichen Durchmessers zum Vorschein tritt. Das Phänomen kann mit dem Lichtwellenmodell nach Huygens erklärt werden.

Sonstige Lehrerinformationen (1/6)

Vorwissen



Für die Schüler ist es von Vorteil, wenn sie bereits Erfahrungen mit der Beugung am Strichgitter - einem System aus äquidistanten, gleich breiten Spalten - haben, um Analogien zu diesem Versuch ziehen zu können.

Prinzip



Alle kreisförmigen Öffnungen liefern dasselbe Beugungsbild, da sie (etwa) gleiche Durchmesser haben. Durch die Überlagerung aller dieser Beugungsbilder entstehen die im Experiment zu beobachtenden konzentrischen Kreise, deren Durchmesser bei sonst unveränderter Experimentieranordnung von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes abhängen, und in diesen Kreisen spiegelt sich die Anordnung der Löcher wieder.

Sonstige Lehrerinformationen (1/6)

Vorwissen



Für die Schüler ist es von Vorteil, wenn sie bereits Erfahrungen mit der Beugung am Strichgitter - einem System aus äquidistanten, gleich breiten Spalten - haben, um Analogien zu diesem Versuch ziehen zu können.

Prinzip



Alle kreisförmigen Öffnungen liefern dasselbe Beugungsbild, da sie (etwa) gleiche Durchmesser haben. Durch die Überlagerung aller dieser Beugungsbilder entstehen die im Experiment zu beobachtenden konzentrischen Kreise, deren Durchmesser bei sonst unveränderter Experimentieranordnung von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes abhängen, und in diesen Kreisen spiegelt sich die Anordnung der Löcher wieder.

Sonstige Lehrerinformationen (2/6)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollen erkennen, dass in Analogie zur Beugung an einem Strichgitter - einem System aus äquidistanten, gleich breiten Spalten - Beugung auch an einem System äquidistanter, kreisförmiger Öffnungen gleichen Durchmessers entsteht.

Aufgaben



Die Schüler sollen ein schmales Lichtbündel kreisförmigen Querschnitts auf eine Blende auftreffen lassen, in die gleich große Löcher geringen Durchmessers gestanzt sind. Dann sollen sie die Beugungserscheinungen untersuchen, die auftreten, wenn die Löcher zum einen regelmäßig und zum anderen unregelmäßig angeordnet sind. Anschließend sollen sie mit Hilfe der Beugungsmuster den Durchmesser der Löcher ermitteln.

Sonstige Lehrerinformationen (3/6)

PHYWE

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Das Experiment kann im halbverdunkelten Raum durchgeführt werden. Der Erfolg ist sehr davon abhängig, wie sorgfältig die Justierung erfolgt.

Die Herstellung der Blenden mit den Löchern (möglichst) gleichen Durchmessers ist relativ zeitaufwändig. Daher wird empfohlen, diese Vorarbeit außerhalb des Unterrichts auszuführen bzw. ausführen zu lassen. Aus schwarzem Karton (Best.-Nr. 06306.01) werden für einen Blendensatz 4 Quadrate mit 50 mm Seitenlänge zugeschnitten. Für das Durchstechen der Blenden mit einer Nadel wird Karton untergelegt, damit die Löcher gleich groß werden.

Sonstige Lehrerinformationen (4/6)

PHYWE

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Angaben für die Gestaltung der Blenden:

Die Löcher sollten möglichst den (gleichen) Durchmesser von etwa 0,1 mm aufweisen.

Blende 1: ein Loch in Bildmitte

Blende 2: 10 bis 15 Löcher auf einer Geraden, die parallel zu einer Blendenseite durch die Blendenmitte verläuft; einheitlicher Lochabstand 1 mm

Blende 3: ca. 10 x 10 Löcher in quadratischer Anordnung, Rastermaß 1 mm

Blende 4: ca. 100 Löcher in unregelmäßiger Anordnung, durchschnittlicher Lochabstand ca. 1 mm

Sonstige Lehrerinformationen (5/6)

PHYWE

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Zur Herstellung der Blenden 2 und 3 empfiehlt es sich, auf die zugeschnittenen Quadrate Millimeterpapier zu legen. Damit sich die Blende und das Millimeterpapier beim Einstechen der Löcher nicht zueinander verschieben, werden sie miteinander durch Klebestreifen verbunden.

Die Blenden werden gut erkennbar so nummeriert, wie es der Versuchsbeschreibung entspricht.

Sonstige Lehrerinformationen (6/6)

PHYWE

Anmerkung

Für die Herstellung der Blenden mit möglichst gleich großen und möglichst kreisrunden Löchern ist dünne Aluminiumfolie besser als Pappe geeignet. Man sollte einmal hergestellte Blenden in Diarähmchen fassen, um bei späteren Experimenten Zeit einsparen zu können.

Sicherheitshinweise

PHYWE



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

PHYWE

Schülerinformationen

Motivation

PHYWE

Die Sonne als natürliche Lichtquelle

Als Licht bezeichnet man den für den Menschen sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Mit Beugungsobjekten, wie beispielsweise ein System kreisförmiger Öffnungen, kann ein besonderes Phänomen des Lichtes - die Interferenzfähigkeit - beobachtet werden, die auf einen Wellencharakter des Lichtes hinweisen.

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

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Leuchtbox, Halogen 12 V/20 W	09801-00	1
2	Boden mit Stiel für Leuchtbox für optische Profilbank	09802-20	1
3	Optische Profilbank für Schülerversuche, l = 600 mm	08376-00	1
4	Farbfiltersatz für additive Farbmischung	09807-00	1
5	Linse auf Reiter, f = +50 mm	09820-01	1
6	Linse auf Reiter, f = +300 mm	09820-04	2
7	Reiter für optische Profilbank	09822-00	2
8	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	2
9	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
10	Messlupe	09831-00	1
11	Blendenhalter, aufsteckbar	11604-09	2
12	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1
13	Maßband, l = 2 m	09936-00	1

Material

PHYWE

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Leuchtbox, Halogen 12 V/20 W	09801-00	1
2	Boden mit Stiel für Leuchtbox für optische Profilbank	09802-20	1
3	Optische Profilbank für Schülerversuche, l = 600 mm	08376-00	1
4	Farbfiltersatz für additive Farbmischung	09807-00	1
5	Linse auf Reiter, f = +50 mm	09820-01	1
6	Linse auf Reiter, f = +300 mm	09820-04	2
7	Reiter für optische Profilbank	09822-00	2
8	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	2
9	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
10	Messlupe	09831-00	1
11	Blendenhalter, aufsteckbar	11604-09	2
12	PHYWE Netzgerät RiSi I 2019 DC 0 12V 2A / AC 6V 12V 5A	12506-92	1

Aufbau (1/5)

PHYWE

- Baue mit den beiden Stativstangen und dem variablen Stativfuß die optische Bank auf und lege den Maßstab an (Abb. 1 und Abb. 2).



Abbildung 1



Abbildung 2

Aufbau (2/5)

PHYWE

- Baue die Leuchte nach den Abbildungen 3 und 4 auf und spanne die Leuchte so in den linken Teil des Stativfußes ein, dass sie mit der Linsenseite von der optischen Bank weg weist (Abb. 5).
- Schiebe die lichtundurchlässige Blende vor die Linse der Leuchte (Abb. 6).



Abbildung 3



Abbildung 4



Abbildung 5



Abbildung 6

Aufbau (3/5)

PHYWE

- Setze die Linse mit $f = +50 \text{ mm}$ bei 6 cm auf (Abb. 7).
- Stecke den Blendenhalter mit der Blende 1, die nur ein Loch hat ($d \approx 0,1 \text{ mm}$), auf die Fassung (Abb. 8).



Abbildung 7



Abbildung 8

Aufbau (4/5)

PHYWE

- Platziere die Fassung mit Skale bei etwa 9,5 cm auf die optische Bank (Abb. 9).
- Stelle eine Linse mit $f = +300 \text{ mm}$ bei 40 cm und die andere am rechten Ende der optischen Bank auf (Abb. 10).

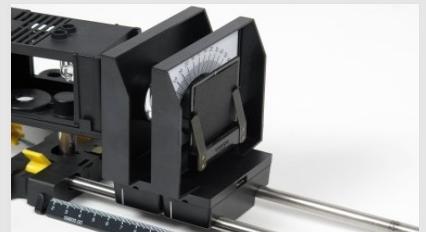


Abbildung 9

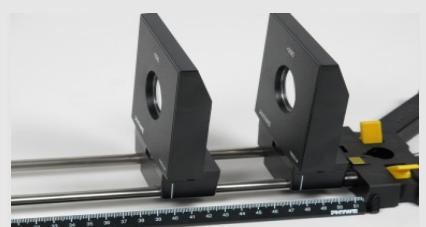


Abbildung 10

Aufbau (5/5)

PHYWE

- Setze zwischen diese Linsen einen Plattenhalter auf einem Reiter (Abb. 11).
- Stelle den zweiten Reiter mit Plattenhalter und Beobachtungsoptik etwa 30 cm von der optischen Bank entfernt auf (Abb. 12).

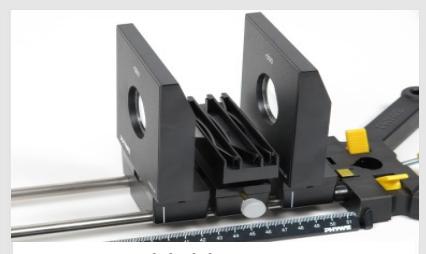


Abbildung 11



Abbildung 12

Durchführung (1/4)

PHYWE



Abbildung 13

- Schließe die Leuchte an das Netzgerät (12 V~) und schalte das Netzgerät ein (Abb. 13).
- Verschiebe die Beobachtungsoptik, bis das Bild des Blendenlochs auf der Beobachtungsebene scharf abgebildet ist; justiere ggf. die Lochblende und die Leuchte, damit die optische Achse für die gesamte Versuchsanordnung gewährleistet ist.

Durchführung (2/4)

PHYWE

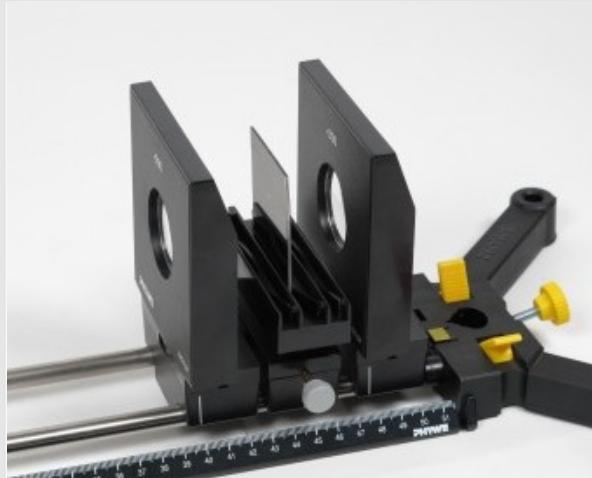


Abbildung 14

- Stecke in den zwischen den Linsen stehenden Plattenhalter die Blende, deren Löcher auf einer Geraden angeordnet sind (Blende 2) (Abb. 14).
- Betrachte das Bild durch die Beobachtungsoptik und beschreibe es.
- Setze anstelle der Blende 2 die Blende 3 ein, deren Löcher in einem quadratischen Raster angeordnet sind.
- Betrachte und beschreibe das Bild und vergleiche es mit dem vorherigen Bild.

Durchführung (3/4)

PHYWE



Abbildung 14

- Ersetze zuletzt die Blende 3 durch die Blende 4 mit den unregelmäßig angeordneten Löchern.
- Betrachte und beschreibe das Bild und vergleiche es mit den vorhergehenden Bildern.
- Wähle zur Ermittlung der Lochdurchmesser wieder die Blende 3 und schiebe den Rotfilter in den Schacht der Leuchte.

Durchführung (4/4)

PHYWE



Abbildung 14

- Messe den Durchmesser d_1 des ersten dunklen Kreises (1. Intensitätsminimum) und - falls möglich - auch des zweiten, also d_2 .
- Messe den Abstand e zwischen der Beobachtungsoptik und der Linse am rechten Ende der optischen Bank.
- Schalte das Netzgerät aus.

PHYWE



Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Ziehe die Kästen in die richtigen Felder.

Es sind zwei (bis drei) konzentrische [] zu sehen. Im gemeinsamen Zentrum befindet sich ein [] mit einer [] Struktur. Jeder konzentrische Kreis enthält die [], und zwar ist der jeweils innere Bereich eines Kreises [], der jeweils äußere [].

- [] rot
- [] Lichtfleck
- [] linearen
- [] Spektralfarben
- [] violett
- [] Kreise

 Überprüfen

Aufgabe 2

PHYWE

Für die Intensitätsminima der kreisförmigen Beugungsmuster, die bei der Beugung an kreisförmigen Öffnungen mit Durchmesser (Dm.) d entstehen, gilt:

$$d = 1, 22 \cdot \lambda \cdot 2 \cdot e/d_1 \quad (1. \text{ Ordnung}) \text{ und } d = 2, 23 \cdot \lambda \cdot 2 \cdot e/d_2 \quad (2 \text{ Ordnung}).$$

Berechne den mittleren Dm., den die kreisförmigen Öffnungen der Blende haben. Die mittlere Wellenlänge des Rotfilter-Lichtes sei 650 nm. Welche Größenordnung hat dein Ergebnis?

- Der mittlere Durchmesser der kreisförmigen Öffnungen ist $\leq 0,001 \text{ mm}$.
- Der mittlere Durchmesser der kreisförmigen Öffnungen ist $\leq 1 \text{ mm}$.
- Der mittlere Durchmesser der kreisförmigen Öffnungen ist $\leq 0,01 \text{ mm}$.

Überprüfen

Aufgabe 3

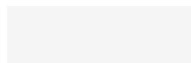
PHYWE

Einfluss der Anordnung der Löcher

Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Anordnung der Löcher und der Struktur im Beugungsbild?

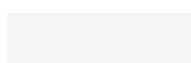
Im erkennt man eine Struktur, die der Anordnung der Löcher entspricht.

Löcher in einer Reihe:



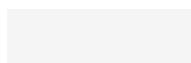
unregelmäßig angeordnete Punkte

Löcher im quadratischen Raster:



quadratisch angeordnete Punkte

Löcher unregelmäßig angeordnet:



zentralen Lichtfleck

Streifen im Beugungsbild

Überprüfen