

Beugung an Kreisblenden und kreisförmigen Öffnungen - Poissonscher Fleck -



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

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

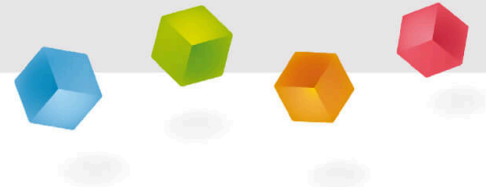
This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/5f848e8a43f8a000037e3b78>

PHYWE

Allgemeine Informationen



Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

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

Die Beugung an kreisförmigen Öffnungen führt zu einer tiefgreifenden Konsequenz für das Auflösungsvermögen optischer Instrumente. So wirkt z.B. die Fassung der Objektivlinse eines Mikroskops als beugende Kreisöffnung.

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 Informationen (1/2)

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 – Babinet'sches 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 Informationen (2/2)

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



- Beobachten und vergleichen der Interferenzmuster
- Nachvollziehen der Herleitung des Poissonschen Flecks
- Berechnen der Durchmesser der Lochblenden

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.

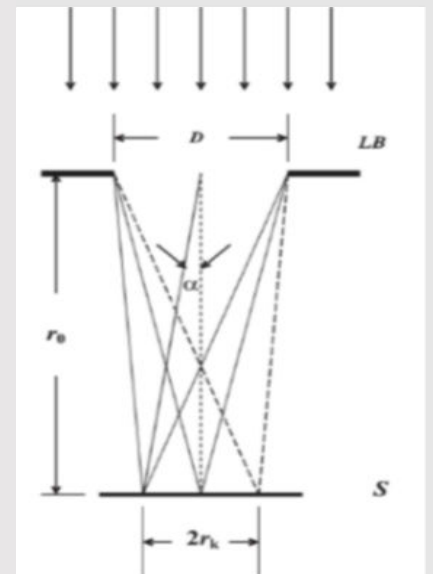
Theorie

PHYWE

Wird eine ebene Wellenfront durch ein Hindernis gestört, so gehen nach dem Huygensschen Prinzip von allen Orten der Störung Elementarwellen aus, die durch Überlagerung miteinander interferieren.

Vom Rand eines kreisförmigen Hindernisses gehen die gebeugten Strahlen gleichphasig aus. Beim Überlagern irgendwo auf der Mittelachse sind diese Strahlen aufgrund ihrer gleichen Wege ebenfalls stets gleichphasig. Somit herrscht auf der Mittelachse immer Helligkeit.

Haben die gebeugten Strahlen unterschiedliche Laufwege, so können sie je nach Wegunterschied konstruktiv oder destruktiv miteinander interferieren. Wegen der radialsymmetrischen Geometrie besteht das Interferenzmuster aus konzentrischen hellen und dunklen Kreisen.



Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Optische Profilbank, l = 1000 mm	08370-00	1
2	Reiter für optische Profilbank	09822-00	3
3	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	1
4	Linse in Fassung, f = - 50 mm	08026-01	1
5	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
6	Blende mit Beugungsobjekten	08577-02	1
7	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
8	Tonnenfuß, für 1 Stange, d ≤ 13 mm	02004-00	1
9	Messschieber (Schieblehre), Edelstahl	03010-00	1
10	Maßband, l = 2 m	09936-00	1
11	Diodenlaser, 1 mW, 635 nm (rot) mit kurzem Stiel	08761-99	1

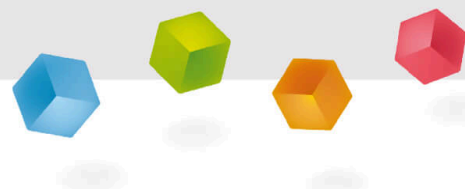
Material

PHYWE

Position	Material	Menge
1	Tesafilm	1
2	weißes Blatt Papier	1

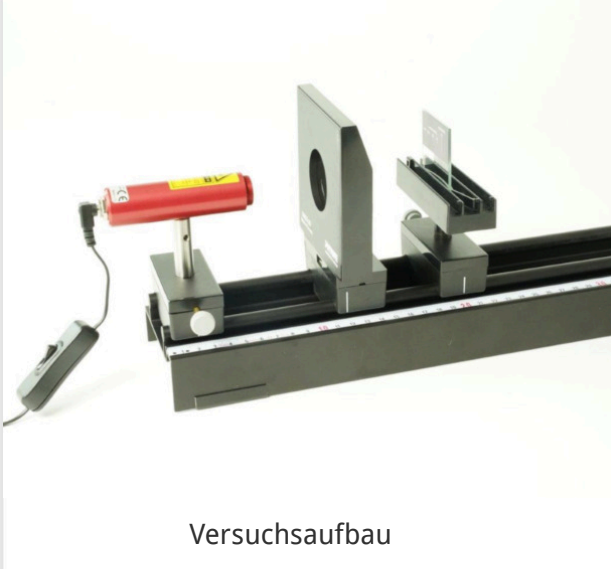
PHYWE

Aufbau und Durchführung



Aufbau

PHYWE



Versuchsaufbau

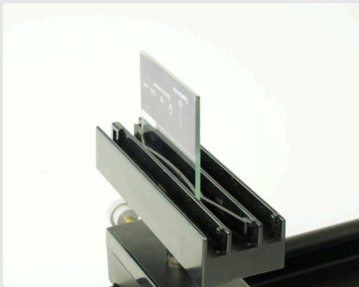
Die Reiter zur Halterung der Komponenten werden wie in der Abbildung gezeigt auf die optische Bank gesetzt, mit den Strichmarken auf den folgenden Positionen.

- Reiter mit Diodenlaser bei 2cm.
- Reiter mit Plattenhalter und eingesetzter Blende mit Beugungsobjekten bei 20cm.

Zur Untersuchung der Beugung an Kreisblenden ist es vorteilhaft, zur vergrößerten Abbildung des Beugungsbildes die Zerstreuungslinse $f = -50\text{mm}$ hinzuzufügen. Diese wird in die Fassung mit Skale zwischen Laser und Beugungsobjekt bei ca. 13cm eingesetzt.

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 werden die Minimalkreise auf dem Blatt markiert.

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

Anschließend werden die Kreisblenden ausgeleuchtet, deren Interferenzmuster auf dem Schirm zu beobachten sind.

PHYWE



Auswertung

Auswertung (1/3)

PHYWE

Die mathematische Abhandlung der Beugung an kreisförmigen Hindernissen ist sehr aufwendig und anspruchsvoll. Deshalb werden hier ohne Herleitung die Bedingungen für die ersten drei dunklen Kreise angegeben. Sind D der Blendendurchmesser, α der Beugungswinkel und λ die Wellenlänge des einfallenden Lichts, so gilt für die Auslöschung:

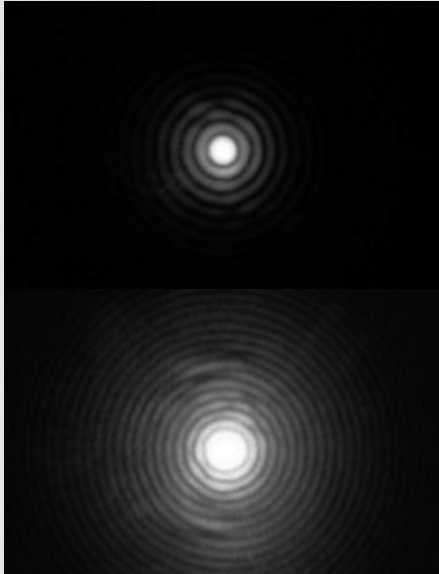
$$\sin \alpha_1 = 1,22 \frac{\lambda}{D}; \quad \sin \alpha_2 = 2,232 \frac{\lambda}{D}; \quad \sin \alpha_3 = 3,238 \frac{\lambda}{D} \quad (1)$$

Bezeichnet man mit r_k die Radien der Minimalkreise und ist r_0 der Abstand des Beugungsobjektes zum Beobachtungsschirm, so gilt mit $r_0 \gg r_k$: $\sin \alpha \approx r_k / r_0$. Mit dieser Beziehung und (1) erhält man schließlich aus den ersten drei dunklen Kreisen für den Durchmesser einer Blende:

$$D = 1,22 \frac{r_0 * \lambda}{r_1} = 2,232 \frac{r_0 * \lambda}{r_2} = 3,238 \frac{r_0 * \lambda}{r_3} \quad (2)$$

Auswertung (2/3)

PHYWE



Berechne die Durchmesser der Lochblenden und überprüfe dein Ergebnis. Wie sehr weicht dein Ergebnis ab?

Ergebnisse

Auswertung (3/3)

PHYWE

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, nachdem die Beugungsbilder von Loch- und Kreisblenden bis auf das zentrale Maximum identisch sind?

Babinet'sches Theorem.

Lloydsches Prinzip.

Fresnelsche Regel.

Folie

Punktzahl/Summe

Folie 15: Mehrere Aufgaben

0/4

Gesamtpunktzahl



Lösungen anzeigen



Wiederholen



Text exportieren