

Optik

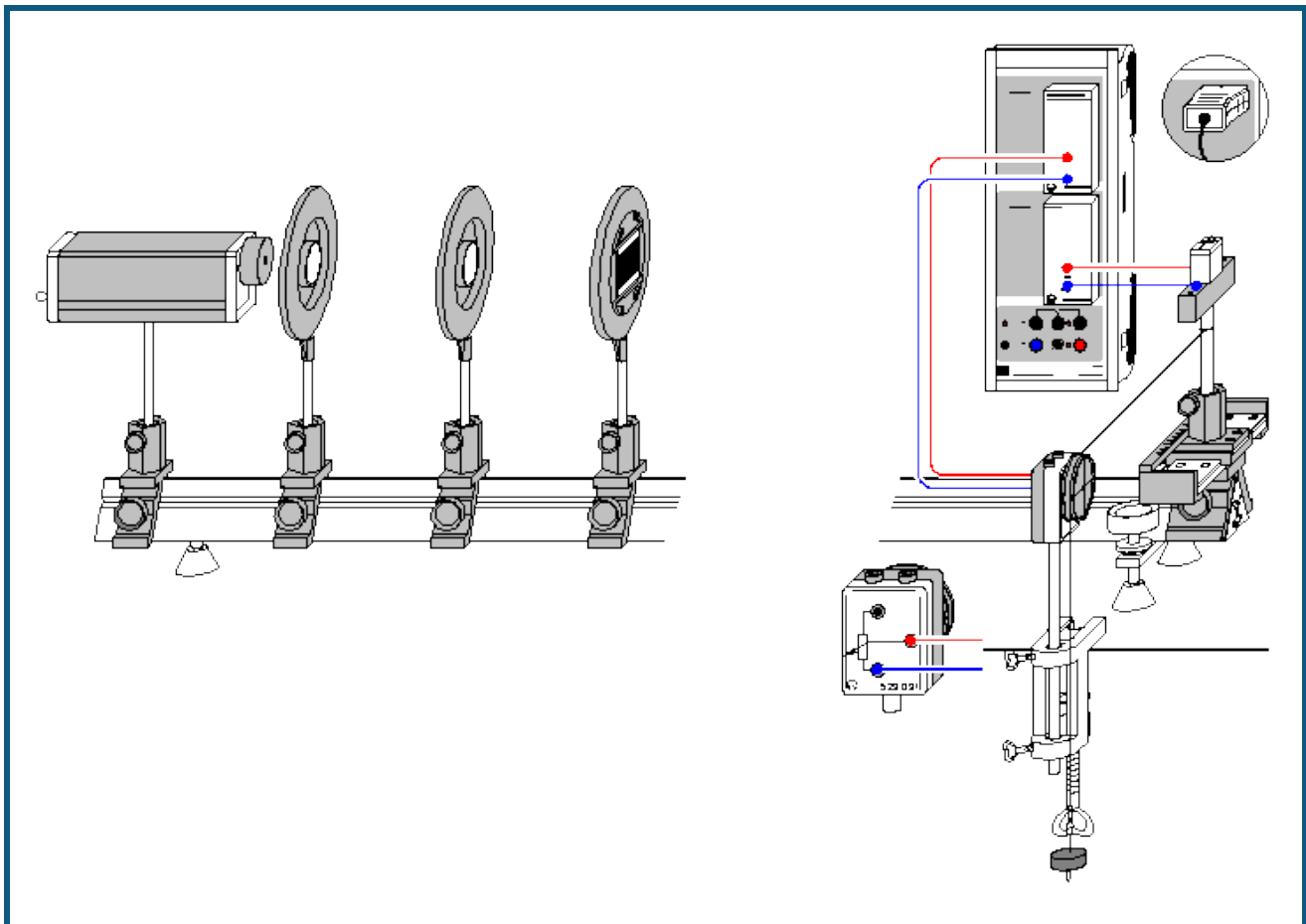
Wellenoptik
Beugung

Beugung am Doppelspalt
und an Mehrfachspalten -
Aufzeichnung und
Auswertung mit CASSY

Beschreibung aus CASSY Lab 2

Zum Laden von Beispielen und
Einstellungen bitte die CASSY Lab 2-Hilfe
verwenden.

Beugung an Mehrfachspalten



 auch für [Pocket-CASSY](#) geeignet

Vorsicht beim Experimentieren mit dem He-Ne-Laser

Der He-Ne-Laser genügt den "Sicherheitstechnischen Anforderungen für Lehr-, Lern- und Ausbildungsmittel-Laser; DIN 58126 Teil 6" für Laser Klasse 2. Bei Beachtung der entsprechenden Hinweise in der Gebrauchsanleitung ist das Experimentieren mit dem He-Ne-Laser ungefährlich.

Nicht in den direkten oder reflektierten Laserstrahl blicken.

Überschreitung der Blendungsgrenze vermeiden (d. h. kein Beobachter darf sich geblendet fühlen).

Versuchsbeschreibung

Beugungserscheinungen treten grundsätzlich auf, wenn die freie Ausbreitung des Lichtes durch Hindernisse – wie z. B. Lochblenden oder Spalte – geändert wird. Die dabei zu beobachtende Abweichung von der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes bezeichnet man als Beugung.

Es wird die Spannung eines Fotoelementes in Abhängigkeit vom Beugungswinkel gemessen. Man beobachtet, dass mit abnehmender Spaltbreite die Intensitätsverteilung des Beugungsbildes immer mehr in den geometrischen Schattenraum hinein wandert. Die aufgezeichneten Messwerte werden mit der Modellrechnung für die Beugungsintensität
$$U \propto \left(\frac{\sin(\pi b/\lambda \cdot \alpha)}{\pi b/\lambda \cdot \alpha} \right)^2 * \left(\frac{\sin(N\pi d/\lambda \cdot \alpha)}{\sin(\pi d/\lambda \cdot \alpha)} \right)^2$$
 verglichen, in welche die Spaltbreite b , der Spaltabstand d , Anzahl der Spalte N und die Wellenlänge λ als Parameter eingehen. Für kleine Beugungswinkel α lässt sich α einfach aus dem Abstand L zwischen Beugungsobjekt und Fotoelement sowie dem Verschiebeweg s des Fotoelements zu $\alpha \approx \tan \alpha = s/L$ bestimmen.

Benötigte Geräte

1	Sensor-CASSY	524 010 oder 524 013
1	CASSY Lab 2	524 220
1	μV-Box	524 040

1	Stromquellen-Box	524 031
	mit Wegaufnehmer und	529 031
	Paar Kabel, 100 cm, rot und blau	501 46
	oder	
1	Drehbewegungssensor S	524 082
1	He-Ne-Laser, linear polarisiert	471 840
1	Optische Bank, Normalprofil 2 m	460 33
4	Optikreiter, H=90 mm/B=60 mm	460 374
1	Verschiebereiter	460 383
1	Linse f = +5 mm	460 01
1	Linse f = +50 mm	460 02
1	Blende mit 3 Doppelspalten	469 84
1	Blende mit 4 Doppelspalten	469 85
1	Blende mit 5 Mehrfachspalten	469 86
1	Halter mit Federklemmen	460 22
1	STE-Fotoelement	578 62
1	Halter für Steckelement	460 21
1	Tischklemme, einfach	301 07
1	Angelschnur, 10 m	aus 309 48ET2
1	Satz 12 Laststücke, je 50 g	342 61
1	Paar Kabel, 100 cm, rot und blau	501 46
1	PC mit Windows XP/Vista/7/8	

Versuchsaufbau (siehe Skizze)



Hinweis: Justierung in einem leicht verdunkelten Raum durchführen.

- He-Ne-Laser entsprechend Skizze mittels eines Optikreiters auf der Optischen Bank befestigen.
- Fotoelement in ca. 1,90 m vom Laser entfernt mit Hilfe des Verschiebereiters und des Halters für Steckelement aufstellen. Das Fotoelement sollte in der Mitte des Verschiebereiters stehen. Fotoelement mit zwei dunklen Papierstreifen so abkleben, dass ein kleiner Eintrittsspalt mit der Breite von ca. 1 mm entsteht.
- Laser auf das Fotoelement ausrichten und einschalten.
- Die Höhe des Lasers so justieren, dass der Laserstrahl die Mitte der Fotozelle trifft.
- Kugellinse der Brennweite $f = +5$ mm in ca. 1 cm Abstand vor den Laser stellen. Der Laserstrahl soll das Fotoelement gut ausleuchten.
- Sammellinse der Brennweite $f = +50$ mm in ca. 55 mm Abstand vor der Kugellinse positionieren und auf der Optischen Bank in Richtung Kugellinse verschieben bis der Laserstrahl auf dem Fotoelement scharf abgebildet wird.
- Sammellinse auf der Optischen Bank dann noch ein wenig in Richtung der Kugellinse verschieben bis sich der Durchmesser des Laserstrahls auf der Fotozelle auf ca. 6 mm aufweitet. Der Laserstrahl sollte dann entlang der optischen Achse ein kreisrundes Profil von konstantem Durchmesser aufweisen.
- Halter mit Federklemmen mit eingespannter Blende auf die Optische Bank stellen und so verschieben, bis der Abstand L zwischen Fotoelement und Spaltblende 1,50 m beträgt.
- Tischklemme mit Wegaufnehmer entsprechend Skizze am Tisch befestigen.
- Die Messung des Verschiebungsweges s_{A1} senkrecht zur optischen Achse geschieht über den Wegaufnehmer an der Stromquellenbox auf Eingang A des Sensor-CASSYs.
- Das Fotoelement wird zur Messung der Spannung über die μ V-Box an den Eingang B des Sensor-CASSYs angeschlossen.

Versuchsdurchführung

■ Einstellungen laden

- Fotoelement auf der dem Wegaufnehmer entgegengesetzten Position -6,0 cm stellen.
- Rad des Wegaufnehmers an den Anschlag drehen, so dass die Anzeige des Weges s_{A1} bei etwa -6,0 cm liegt. Sollte sich dabei herausstellen, dass die Wegmessung ein falsches Vorzeichen liefern wird, dann ist der Anschluss der Stromquellenbox auf dem anderen Arm des Wegaufnehmers zu legen.
- Angelschnur an den Halter für Steckelemente binden und einmal um das Rad des Wegaufnehmers wickeln und ein Massestück anhängen.
- Wegnullpunkt kalibrieren – dazu Fotoelement in die Mitte des Verschiebereiters stellen (= Nullpunkt der Skala bzw. Lage des Intensitätshauptmaxima).
- In den [Einstellungen sA1 Korrigieren](#) den **Sollwert** 0 cm eingeben und anschließend **Offset korrigieren** wählen.
- Fotoelement wieder auf die dem Wegaufnehmer entgegengesetzten Position schieben und dort festhalten.
- Falls notwendig, die Hintergrundhelligkeit in den [Einstellungen UB1 Korrigieren](#). Dazu den **Sollwert** 0 mV eingeben und anschließend **Offset korrigieren** wählen.

- Messung mit  starten (Meldung **Triggersignal fehlt** erscheint).
- Fotoelement sehr langsam von Hand in Richtung Wegaufnehmer verschieben. Sobald der Startpunkt bei -5,5 cm überschritten wird, beginnt das Einlesen von Messwerten.
- Messung mit  stoppen.

Auswertung

Bereits während der Messung erscheint die Intensitätsverteilung des Beugungsbildes. Die gemessene Intensitätsverteilung kann nun durch eine [Freie Anpassung](#) mit dem Ergebnis der für kleine Beugungswinkel $\alpha \approx \tan \alpha = s_{A1}/L$ durchgeführten Modellrechnung verglichen werden. Dazu folgende Formel verwenden:

$$A \cdot \frac{\sin(180 \cdot B / 0.633 \cdot (x-C) / 150)}{(180 \cdot B / 0.633 \cdot (x-C) / 150)^2} \cdot \frac{\sin(2 \cdot 180 \cdot D / 0.633 \cdot (x-C) / 150)}{\sin(180 \cdot D / 0.633 \cdot (x-C) / 150)^2}$$

mit

x: Verschiebung s_{A1} senkrecht zur optischen Achse

A: Intensität I_0

B: Spaltbreite b in μm

C: Korrektur der Lage des Hauptmaxima

D: Spaltabstand d in μm

N: Anzahl der Spalte (hier Doppelspalt: $N = 2$)

L: Abstand zwischen Blende und Fotoelement (hier: $L = 150$ cm)

λ : Wellenlänge des He-Ne-Lasers (hier: $\lambda = 0,633$ μm)

Bei dieser Anpassung wurde die Wellenlänge $\lambda = 0,633$ μm des He-Ne-Lasers als bekannt vorausgesetzt und die Spaltbreite b und der Spaltabstand d bestimmt. Umgekehrt kann bei bekannter Spaltbreite b und bekanntem Spaltabstand d die Wellenlänge λ des Lasers bestimmt werden.

Für die [Freie Anpassung](#) sollten sinnvolle Startwerte für Spaltbreite und Spaltabstand verwendet werden, z. B. $B=200$ (μm) für $b=0,2$ mm und $D=250$ (μm) für $d=0,25$ mm.

Wenn die Nebenmaxima bei $N > 2$ nicht deutlich in Erscheinung treten, kann die [Freie Anpassung](#) den Spaltabstand d nicht bestimmen. In diesem Fall sollte der korrekte Spaltabstand d als Startwert der Anpassung in μm angegeben und konstant gehalten werden (z. B. 250 für 0,25 mm).

Hinweis

Bei diesem Versuch zur Beugung des Lichtes an Mehrfachspalten wird die Intensitätsverteilung manuell aufgenommen. Eine automatische Messwertaufnahme der Intensitätsverteilung kann mit VideoCom (Versuch P5.3.1.7) realisiert werden.