

Beugung an Mehrfachspalten (Artikelnr.: P1412001)

Curriculare Themenzuordnung



Schwierigkeitsgrad



Mittel

Vorbereitungszeit



10 Minuten

Durchführungszeit



20 Minuten

empfohlene Gruppengröße



2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:

Versuchsvarianten:

Schlagwörter:

Einführung

Einleitung

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

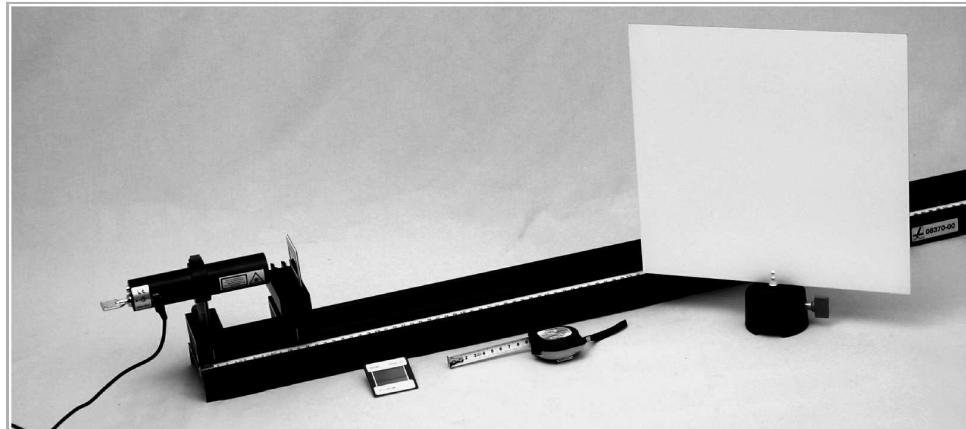


Abb. 1: Versuchsaufbau

Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Optische Profilbank, $l = 1000$ mm	08370-00	1
2	Diodenlaser 0,2 / 1,0 mW, 635 nm	08760-99	1
3	Halter für Diodenlaser	08384-00	1
4	Reiter für optische Profilbank	09822-00	2
5	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
6	Blende mit 4 Mehrfachspalten	08526-00	1
7	Gitter, 10 Striche/mm	08540-00	1
8	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
9	Tonnenfuß PHYWE	02006-55	1
10	Maßband, $l = 2$ m	09936-00	1

Aufgaben

Bestimmung des Einflusses des Zusammenspiels mehrerer Spalte auf die resultierenden Interferenzmuster

Aufbau und Durchführung

Aufbau

Abb. 1. zeigt den Versuchsaufbau. Der Diodenlaser steht am Kopfende der optischen Bank.

Dicht dahinter befindet sich der Plattenhalter in einem Reiter. Der Schirm wird im Tonnenfuß befestigt und ca. 4 m von der Blende entfernt aufgestellt.

Durchführung

Die Blende mit Mehrfachspalten wird in den Plattenhalter eingesetzt. Nacheinander werden die Mehrfachspalte so in den Strahlengang geschoben, dass die Spalte voll ausgeleuchtet sind. 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.

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.

Sollte der Experimentierraum nicht vollständig abdunkeln sein, kann der Laser auch im 1-mW-Modus betrieben werden. **DABEI IST ABER UNBEDINGT DARAUF ZU ACHTEN, DASS NICHT DIREKT IN DEN LASERSTRAHL GEBLICKT WIRD.**

Beobachtung und Ergebnis

Beobachtung

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.

Abb. 2 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 Doppelspaltsystem 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.

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

Sie erzeugen Helligkeit, wenn $2k \cdot \lambda/2$ ein geradzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge ist. Entsprechend löschen sich diese Strahlen 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 $(nA)^2$.

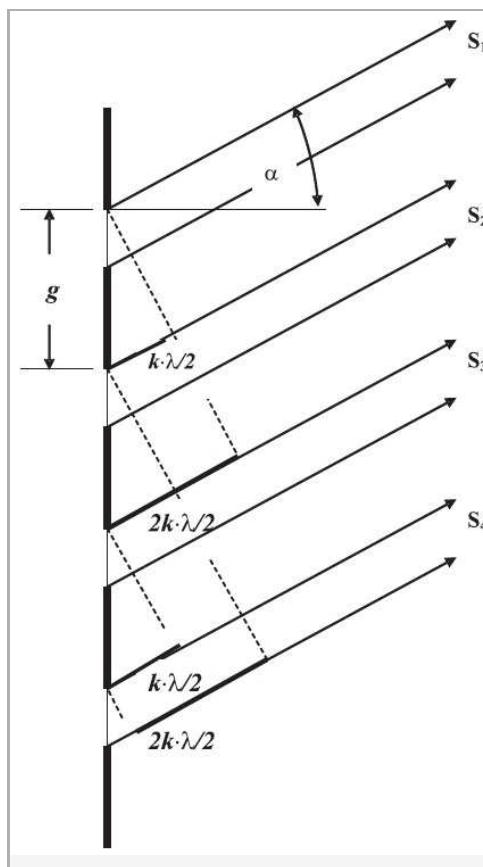


Abb. 2: Beugung an einem 4-fach Spalt

Auswertung

Die Abb. 3 zeigt für die Spaltsysteme mit der Spaltanzahl $n = 2, 3, 4, 5$ die zugehörigen Interferenzmuster.

Es zeigt sich, dass mit steigendem n die Helligkeitsmaxima intensiver und schärfer ausgeprägt werden, deren Lage aber von der Anzahl der Spalte unabhängig ist. Außerdem wird bestätigt, dass zwischen zwei benachbarten Hauptmaxima jeweils $n - 2$ Nebenmaxima und $n - 1$ Minima liegen (s. Tabelle).

Der Vergleich mit dem Gitter liefert ein noch deutlicheres Ergebnis.

Mit zunehmender Breite des vorgesetzten Hilfspaltes, also mit steigender Anzahl der aktiven aber gleichen Gitteröffnungen, werden die Hauptmaxima immer schärfer. Bei maximaler Breite des Hilfspaltes sind scharfe Hauptmaxima aber fast keine Nebenmaxima mehr zu erkennen.

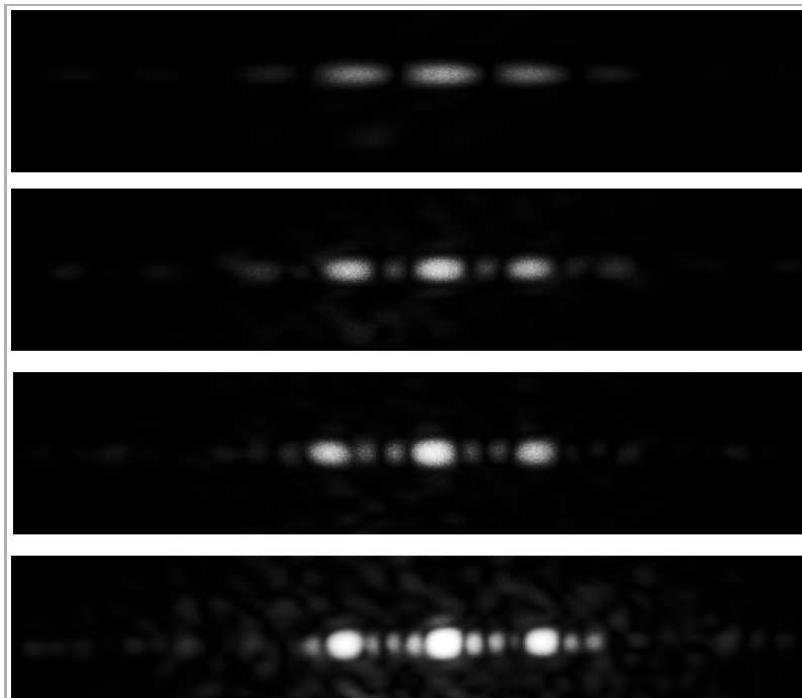


Abb. 3: Interferenzmuster an Mehrfachspalten mit $n = 2, 3, 4, 5$

Anzahl n der Spalte	Anzahl der Nebenmaxima	Anzahl der Nebenminima
2	0	1
3	1	2
4	2	3
5	3	4

Tabelle

Anmerkung

Optische Gitter werden vorwiegend in der Spektralanalyse zur Wellenlängenbestimmungen eingesetzt. Zwei eng benachbarte Wellenlängen λ_1 und λ_2 sind noch gut getrennt zu erkennen, wenn das Helligkeitsmaximum von λ_1 mit dem Minimum von λ_2 zusammenfällt.

Die Trennung beider Linien gelingt um so besser, je höher das sog. Auflösungsvermögen $A = \lambda / \Delta\lambda$ des Gitters ist. Dabei ist $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ und $\lambda = \frac{1}{2}(\lambda_2 + \lambda_1)$. Die exakte Berechnung, die hier nicht durchgeführt werden kann, liefert $\lambda / \Delta\lambda = k \cdot n$.

Demnach steigert sich das Auflösungsvermögen mit dem Produkt aus der Beugungsordnung k und der Anzahl n der durchstrahlten Gitteröffnungen. Somit ist es sinnvoll, ein Gitter voll auszuleuchten, um n möglichst groß zu machen. Es überrascht, dass A von der Breite eines einzelnen Gitterspaltes unabhängig ist. Weiterhin ist zu bemerken, dass k nicht beliebig groß werden kann, denn der Sinus des Beugungswinkels kann höchstens gleich 1 werden.

Schüler-/Studentenblatt

Gedruckt: 06/12/2017 13:28:53 | P1412001
