
AUFGABEN:

- Untersuchung der Beugung an Doppelspalten mit verschiedenen Spaltabständen.
- Untersuchung der Beugung an Doppelspalten mit verschiedenen Spaltbreiten.
- Untersuchung der Beugung an Mehrfachspalten mit verschiedenen Spaltanzahlen.
- Untersuchung der Beugung am Strichgitter und am Kreuzgitter.

ZIEL

Nachweis der Wellennatur des Lichts und Bestimmung der Wellenlänge.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Beugung des Lichts an Mehrfachspalten und Gittern lässt sich durch die Überlagerung der kohärenten Elementarwellen beschreiben, die nach dem Huygens'schen Prinzip von allen beleuchteten Punkten in einem Mehrfachspalt ausgehen. Die Interferenz der Elementarwellen erklärt das hinter dem Mehrfachspalt zu beobachtete System aus hellen und dunklen Streifen. Aus dem Abstand zweier heller Streifen lässt sich bei bekanntem Spaltabstand und bekannter Entfernung zum Beobachtungsschirm die Wellenlänge des Lichts berechnen.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Diodenlaser, rot	1003201
1	Optische Bank K, 1000 mm	1009696
2	Optikreiter K	1000862
1	Klemmhalter K	1008518
1	Halter K für Diodenlaser	1000868
1	Blende mit 3 Doppelspalten unterschiedlicher Spaltbreite	1000596
1	Blende mit 4 Doppelspalten unterschiedlichen Spaltabstandes	1000597
1	Blende mit 4 Mehrfachspalten und Gitter	1000598
1	Blende mit 3 Strichgittern	1000599
1	Blende mit 2 Kreuzgittern	1000601

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Beugung des Lichts an Mehrfachspalten und Gittern lässt sich durch die Überlagerung der kohärenten Elementarwellen beschreiben, die nach dem Huygens'schen Prinzip von jedem beleuchteten Punkt in einem Mehrfachspalt ausgehen. Die Überlagerung führt in bestimmten Richtungen zu konstruktiver oder destruktiver Interferenz und erklärt so das hinter dem Mehrfachspalt zu beobachtende System aus hellen und dunklen Streifen.

Hinter einem Doppelspalt ist die Intensität unter einem Beobachtungswinkel α_n maximal, wenn es zu jeder Elementarwelle aus dem ersten Spalt genau eine Elementarwelle aus dem zweiten Spalt gibt, die sich konstruktiv überlagert. Dies ist erfüllt, wenn der Gangunterschied Δs_n zwischen den von den

Spaltmitten ausgehenden Elementarwellen ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ des Lichtes ist (siehe Abb. 1).

$$(1) \quad \Delta s_n(\alpha_n) = n \cdot \lambda$$

$$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots : \text{Beugungsordnung}$$

In großer Entfernung L zum Doppelspalt besteht für kleine Beobachtungswinkel α_n zwischen dem Gangunterschied Δs_n und der Ortskoordinate x_n eines Intensitätsmaximums der Zusammenhang.

$$(2) \quad \frac{\Delta s_n}{d} = \sin \alpha_n \approx \tan \alpha_n = \frac{x_n}{L}$$

d : Spaltabstand

Daher liegen die Maxima im regelmäßigen Abstand nebeneinander.

$$(3) \quad a = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda}{d} \cdot L$$

Dies gilt auch für die Beugung an einem Mehrfachspalt mit mehr als 2 äquidistanten Spalten. Gleichung (1) nennt die Bedingung für konstruktive Interferenz der Elementarwellen aus allen N Spalten. Also lassen sich die Gleichungen (2) und (3) auch auf Mehrfachspalte anwenden. Mathematisch aufwändiger ist die Bestimmung der Intensitätsminima: Während beim Doppelspalt in der Mitte zweier Intensitätsmaxima genau ein Intensitätsminimum liegt, findet man beim Mehrfachspalt zwischen dem n -ten und dem $(n+1)$ -ten Maximum ein Minimum, wenn die Elementarwellen aus den N Spalten gerade so interferieren, dass die Gesamtintensität Null wird. Das ist der Fall, wenn der Gangunterschied zwischen den von den Spaltmitten ausgehenden Elementarwellen die Bedingung

$$(4) \quad \Delta s = n \cdot \lambda + m \frac{\lambda}{N}$$

$$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, m = 1, \dots, N-1$$

erfüllt. Man findet also $N-1$ Minima und dazwischen $N-2$ sogenannte Nebenmaxima, deren Intensität kleiner als die der sogenannten Hauptmaxima ist. Mit zunehmender Anzahl N der Spalte verschwindet der Beitrag der Nebenmaxima. Man spricht nicht mehr von einem Mehrfachspalt, sondern von einem Strichgitter. Ein Kreuzgitter schließlich kann man als eine Anordnung aus zwei um 90° gegeneinander gedrehten Strichgittern auffassen. Die Beugungsmaxima werden zu Punkten auf einem rechteckigen Netz, dessen Maschenweite durch (3) gegeben ist. Die Helligkeit in den Hauptmaxima ist durch die Helligkeitsverteilung aus der Beugung am Einzelspalt moduliert und umso stärker auf kleine Winkel α konzentriert je größer die Spaltbreite b ist. Für eine genaue Berechnung summiert man die Amplituden aller Elementarwellen unter Berücksichtigung der Gangunterschiede zur gesamten Amplitude A auf. An einem beliebigen Ort x auf dem Schirm ist dann

$$(5) \quad I = A^2 \propto \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(N \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\sin\left(\frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)} \right)^2$$

AUSWERTUNG

Die Wellenlänge des gebeugten Lichts lässt sich aus dem Abstand a der Hauptmaxima bestimmen. Es gilt:

$$\lambda = d \cdot \frac{a}{L}$$

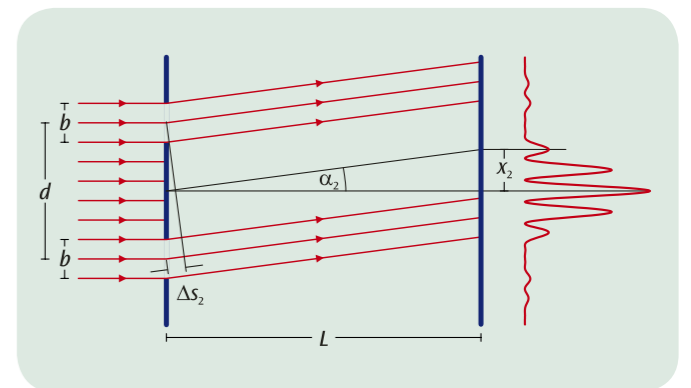


Abb. 1: Schematische Darstellung zur Beugung des Lichts an einem Doppelspalt

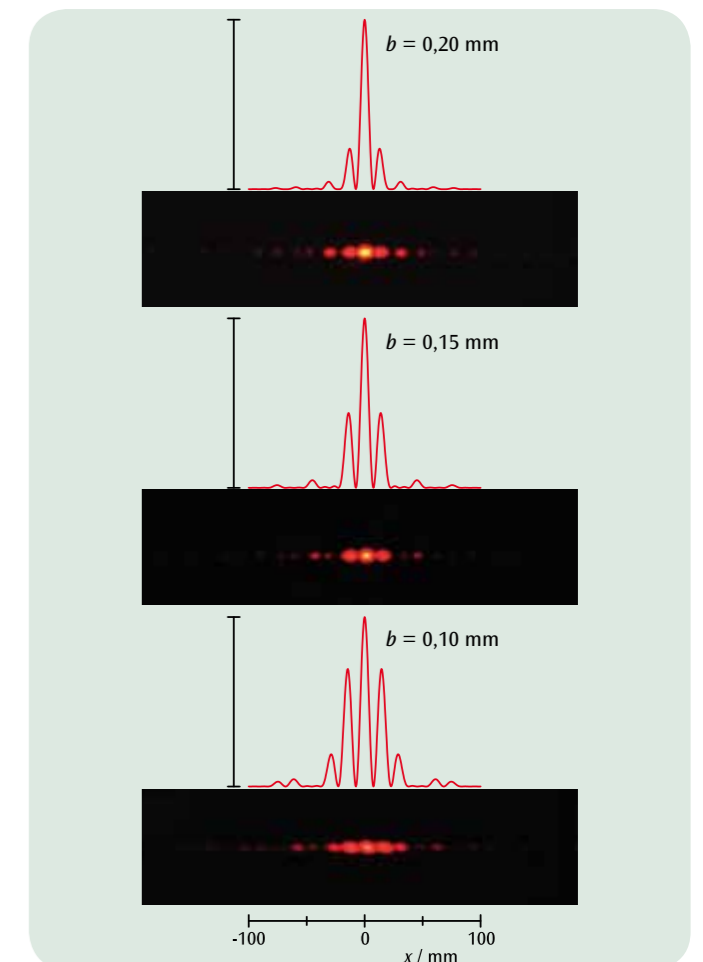


Abb. 2: Berechnete und beobachtete Intensität bei der Beugung an Doppelspalten mit verschiedenen Spaltabständen