

AUFGABEN

- Untersuchung der Beugung an einem Einzelspalt bei verschiedenen Spaltbreiten.
- Untersuchung der Beugung an einem Einzelspalt bei verschiedenen Wellenlängen.
- Untersuchung der Beugung an einem Einzelspalt und einem Steg (Babinet'sches Prinzip).

ZIEL

Nachweis der Wellennatur des Lichts und Bestimmung der Wellenlänge

ZUSAMMENFASSUNG

Die Beugung von Licht an einem Einzelspalt lässt sich durch die Überlagerung der kohärenten Elementarwellen beschreiben, die nach dem Huygens'schen Prinzip von dem beleuchteten Spalt in alle Richtungen ausgehen. Je nach Ausbreitungswinkel interferieren die Wellen hinter dem Spalt konstruktiv oder destruktiv. Aus dem Abstand zweier dunkler Streifen des Interferenzmusters lässt sich bei bekannter Spaltbreite und bekannter Entfernung zum Beobachtungsschirm die Wellenlänge des Lichts berechnen.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Diodenlaser, rot	1003201
1	Lasermodule, grün	1003202
1	Optische Bank K, 1000 mm	1009696
2	Optikreiter K	1000862
1	Verstellbarer Spalt K	1008519
1	Halter K für Diodenlaser	1000868
Zusätzlich erforderlich		
	Draht	

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Beugung von Licht an einem Einzelspalt lässt sich durch die Überlagerung der kohärenten Elementarwellen beschreiben, die nach dem Huygens'schen Prinzip von dem beleuchteten Spalt in alle Richtungen ausgehen. Die Überlagerung führt in bestimmten Richtungen zu konstruktiver oder destruktiver Interferenz. Hinter dem Spalt beobachtet man ein System aus hellen und dunklen Streifen auf einem Schirm.

Vollständige Auslöschung – also maximale Dunkelheit – ist zu beobachten, wenn es zu jeder Elementarwelle aus der ersten Spalthälfte genau eine Elementarwelle aus der zweiten Spalthälfte gibt, die sich gegenseitig auslöschen. Dies ist genau dann erfüllt, wenn der Gangunterschied Δs_n zwischen Mittelstrahl und Randstrahl ein ganzzahliges Vielfaches n der halben Wellenlänge λ ist:

$$(1) \quad \Delta s_n = n \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{b}{2} \cdot \sin \alpha_n$$

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$: Beugungsordnung
 b : Spaltbreite,
 α_n : Ausbreitungswinkel

Die Stellen maximaler Dunkelheit liegen symmetrisch zum Primärstrahl (siehe Abb. 1). Ihr – in der Beobachtungsebene gemessener – Abstand zum Primärstrahl beträgt

$$(2) \quad x_n = L \cdot \tan \alpha_n$$

L : Abstand zwischen Spalt und Beobachtungsebene

Daraus folgt für kleine Winkel

$$(3) \quad \alpha_n = x_n = \frac{\lambda \cdot L}{b} \cdot n = \Delta \cdot n \quad \text{mit} \quad \Delta = \frac{\lambda \cdot L}{b}$$

Δ : relativer Abstand der Minima

Ein Spalt und ein Steg gleicher Breite sind komplementäre Beugungsobjekte. Nach dem Babinet'schen Prinzip ergeben sich bei der Beugung an diesen Objekten außerhalb des „ungestörten“ Lichtbündels identische Beugungsbilder. Die Beugungsminima liegen daher in beiden Beugungsbildern an den gleichen Stellen.

Im Experiment wird die Beugung am Einzelspalt für verschiedene Spaltbreiten und verschiedene Wellenlängen untersucht. Zusätzlich wird gezeigt, dass es sich bei der Beugung am Einzelspalt und am Steg mit jeweils gleicher Breite um komplementäre Beugungsbilder handelt.

AUSWERTUNG

In der Richtung des Primärstrahls ist die Helligkeit maximal. Die Größe Δ lässt sich als Geradensteigung ermitteln, wenn man die Abstände x_n in Abhängigkeit von n in einem Diagramm darstellt. Da Δ offenbar umgekehrt proportional zur Spaltbreite b ist, kann man den Quotienten Δ/L in Abhängigkeit von $1/b$ in ein Diagramm eintragen und erhält die Wellenlänge λ aus der Geradensteigung der Messdaten.

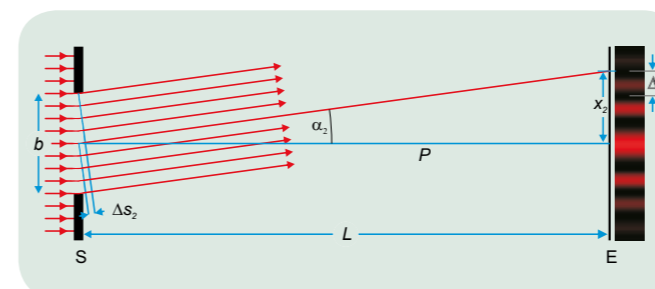


Abb. 1: Schematische Darstellung zur Beugung des Lichts an einem Einzelspalt (S: Spalt, b : Spaltbreite, E: Beobachtungsebene, P: Primärstrahl, L : Entfernung des Beobachtungsschirms zum Spalt, x_2 : Abstand des zweiten Minimums vom Zentrum, α_2 : Beobachtungsrichtung für das zweite Minimum, Δs_2 : Gangunterschied zwischen Mittelstrahl und Randstrahl).

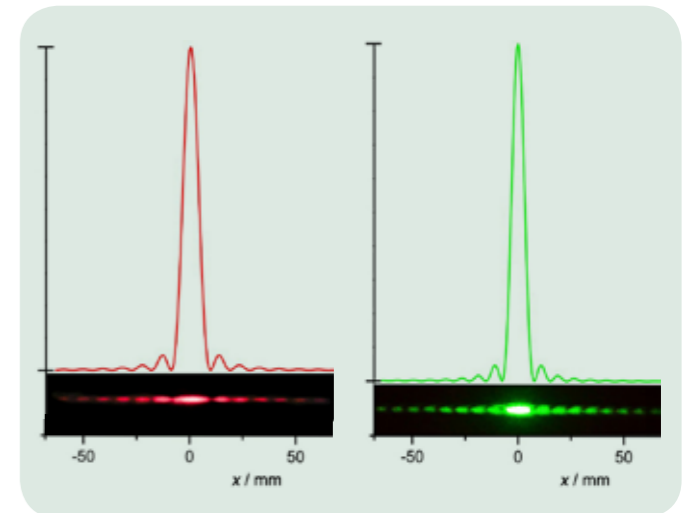


Abb. 2: Berechnete und beobachtete Intensität bei der Beugung am Spalt mit der Spaltbreite 0,3 mm für $\lambda = 650$ nm und für $\lambda = 532$ nm.

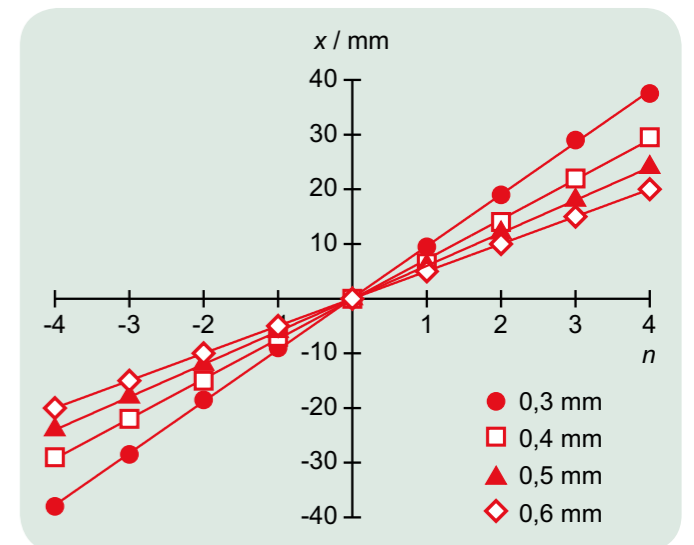


Abb. 3: Abstände x_n in Abhängigkeit von der Beugungsordnung n für unterschiedliche Spaltbreiten b für $\lambda = 650$ nm.

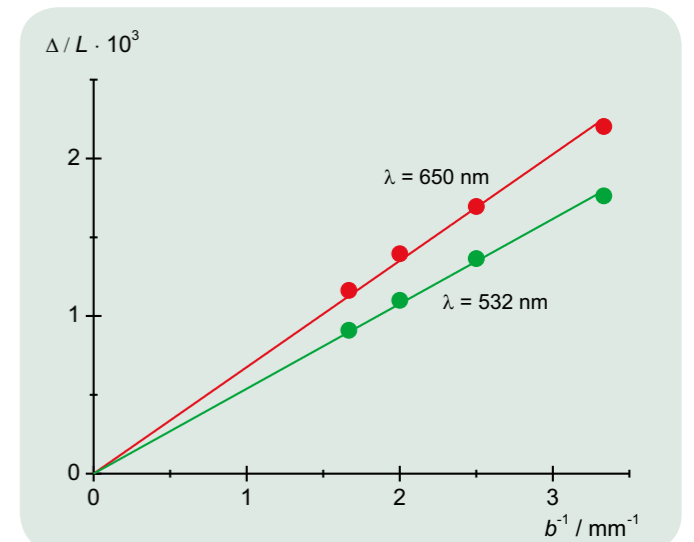


Abb. 4: Quotient aus dem relativen Abstand Δ der Minima und dem Abstand L in Abhängigkeit von der reziproken Spaltbreite $1/b$.

