

O2 Beugung an Gitter und Spalt

Physikalische Grundlagen

Die Beugung und die meist mit ihr zusammen untersuchte Interferenz gehören zu jenen optischen Phänomenen, welche zwingend für die Wellentheorie des Lichtes sprechen. Die Erklärung dieses Phänomens gelingt mit Hilfe des HUYGENSSchen Prinzips, welches besagt, dass jeder Punkt einer Welle Ausgangspunkt eines neuen Elementarwellensystems ist. Zunächst sei der beugende Körper ein einfacher Spalt der Breite d .

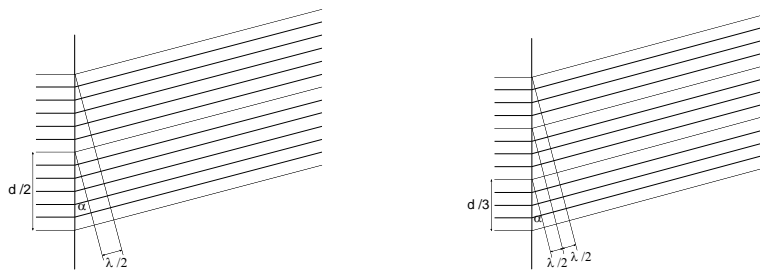


Abb.1 Beugung am Spalt (links: erstes Minimum; rechts: erstes seitliches Maximum)

Zur Erklärung der Beugung kann jeder einzelne in der Öffnung des Spaltes liegende Punkt als Ausgangspunkt eines Wellensystemes betrachtet werden. Alle von dort parallel zum einfallenden Strahl weiterlaufenden Wellen haben die gleiche Phase, so dass in gerader Verlängerung hinter dem Spalt das 0-te Maximum der Lichtintensität auftritt $\alpha_0 = 0$. Zur Erklärung des ersten seitlichen Minimums kann die folgende sehr anschauliche Erklärung dienen. Denkt man sich das gesamte Strahlenbündel (aus z.B. 12 Strahlen bestehend vgl. Abb.1 links) zweigeteilt ($k' = 2$), so löschen sich unter der Bedingung

$$\frac{d}{k'} \sin \alpha_{k'} = \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

gerade paarweise alle Strahlen (1. mit 7., 2. mit 8. usw.) vollständig aus. Analoge Verhältnisse gelten auch, wenn das Strahlenbündel in eine beliebige gerade Anzahl $k' = 2, 4, 6, \dots$ unterteilt wird. Da die Minima meist mit fortlaufendem Index gezählt werden und symmetrisch bei positiven und negativen Winkeln zu finden sind kann

$$\sin \alpha_k = \pm k \frac{\lambda}{d}, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

geschrieben werden.

Zur Erklärung des ersten seitlichen Maximums kann man sich den Spalt dreigeteilt denken. Unter der Bedingung (1), mit $k' = 3$ löschen sich gerade die Strahlen des 1. und 2. Drittels paarweise

aus, während die Strahlen des letzten Drittels das 1. Maximum bilden. Weitere Maxima findet man, wenn der Spalt in eine ungerade Anzahl $k' = 3, 5, 7, \dots$ aufgeteilt wird. Für eine fortlaufende Zählung der Maxima kann (1) umgeschrieben werden zu

$$\sin \alpha_k = \pm \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

Die Intensität der Maxima nimmt mit wachsendem k' (bzw. k) rasch ab, da für ihre Entstehung immer nur der k' -te Teil des gesamten Strahlenbündels zur Verfügung steht.

Bei der Beugung an einem Doppelspalt mit dem Abstand a zwischen den Spalten und der Breite d der Einzelspalte

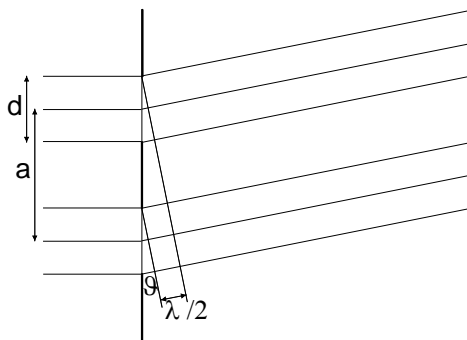


Abb.2 Beugung am Doppelspalt

entstehen Maxima bei den Winkeln

$$\sin \alpha_k = \pm k \frac{\lambda}{a} \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

und Minima für $\sin \alpha_{k'} = \pm k' \frac{\lambda/2}{a}, k' = 1, 3, 5, \dots$, bzw. wenn man mit fortlaufender Numerierung schreibt

$$\sin \alpha_{k'} = \pm \left(k - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{a}, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

Das beobachtbaren Maxima (4) sind in ihrer Intensität durch die Überlagerung der Beugungsbilder der beiden Einzelspalte moduliert. An den Stellen der Minima der Einzelspalte (2) sind die Maxima (4) des Doppelspaltes vollständig ausgelöscht. Gleichsetzen der Beugungswinkel für das k_{Min} -te Minimum aus (2) und für das k_{Max} -te Maximum aus (4) liefert

$$\frac{k_{Min}}{d} = \frac{k_{Max}}{a} \quad (6)$$

Verwendet man zur Beugung eine äquidistante Anordnung von vielen Spalten mit dem Spaltabstand a , so ändert sich am Beugungsbild gegenüber einem Doppelspalt mit demselben Spaltab-

stand prinzipiell nichts. Jedoch erhöht sich die Intensität der Beugungsbilder und die Maxima werden schmaler.

Eine solche Anordnung bezeichnet man als Gitter mit der Gitterkonstanten a . Oft wird der Kehrwert von a verwendet, welcher dann die Anzahl der Spalte je Längeneinheit angibt.

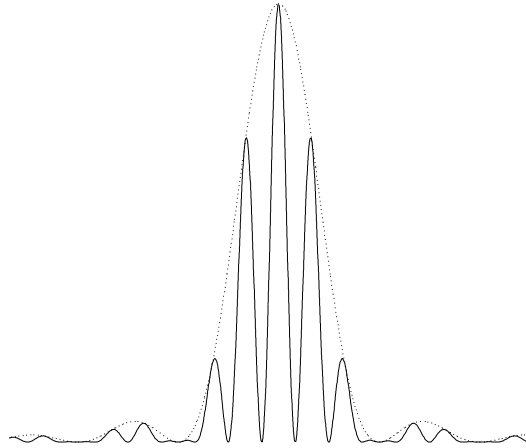


Abb.3 Beugungsintensitäten beim Doppelspalt oder Gitter. Da das 3. Maximum des Doppelspaltes $k_{Max} = 3$ vom 1. Minimum des Einzelspaltes $k_{Min} = 1$ ausgelöscht wird, kann wegen (6) auf $a=3d$ geschlossen werden.

Versuchsvorbereitung

- Huygenssches Prinzip
- Wodurch unterscheiden sich Fresnelsche und Fraunhofersche Beugung?
- Dispersion, Kohärenz

Aufgaben

- Bestimmen Sie die Wellenlänge des verwendeten Laserlichtes durch Beugung an einem Gitter mit bekannter Gitterkonstante!

Führen Sie eine Fehlerabschätzung durch.

- Bestimmen Sie die Breite b eines Einzelspaltes.
- Bestimmen Sie die Breite b und den Abstand a für einen Doppelspalt oder Gitter.