

7.1 Interferenzen am Doppelspalt

Der Engländer **Thomas Young** beobachtete 1801 als Erster eine Interferenz von Licht an einem Doppelspalt. Diese Erscheinung stützte das Wellenmodell des Lichtes, das im Jahre 1678 von **Christiaan Huygens** zur Erklärung der Lichtausbreitung vorgeschlagen worden war.



Lochdurchmesser 0,6 mm



Lochdurchmesser 0,35 mm



Lochdurchmesser 0,15 mm

B1 Lochkamerabilder

Das Strahlenmodell des Lichtes zeigt Grenzen

Eine kleine Lichtquelle erzeugt von Gegenständen scharf begrenzte Schattenbilder. Mit Hilfe der Vorstellung, die Ausbreitung von Licht könne mit Strahlen beschrieben werden, lässt sich das begründen und es gelingt z. B., aus ihr gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen Bildgrößen und Bildentfernungen abzuleiten. Auch die Beobachtung, dass mit der Lochkamera Bilder erzeugt werden, lässt sich erklären und man gewinnt die Aussage, dass für ein klares Bild ein möglichst kleines Loch günstig ist. Die Bildfolge **B1** scheint dem zu widersprechen. Die Vorstellung, Licht breite sich analog zu Wasser wie eine Welle aus, lässt eine Erklärung zu.

Diese Wellentheorie des Lichtes erklärt, weshalb sich das Licht hinter feinen Öffnungen wie in **B1c** nicht nur geradlinig ausbreitet, sondern auch in Bereiche eindringt, die nach der Vorstellung von Lichtstrahlen im Schattenraum liegen. Diese Erscheinung, die man bereits bei Versuchen mit Wasserwellen beobachtet hat, heißt **Beugung**.

Auch die am Doppelspalt entstehenden hellen und dunklen Bereiche lassen sich analog zum Verhalten von Wasserwellen erklären. Nach der Vorstellung von Christiaan Huygens kann jeder Punkt einer Wellenfront als Ausgangspunkt einer neuen Welle mit gleicher Frequenz und gleicher Phase betrachtet werden. Diese Wellen heißen **Huygens'sche Elementarwellen**. Bei ebenen Wellen (z. B. Wasserwellen) sind ihre Wellenfronten Halbkreise, im Raum Halbkugeln.

Entstehung des Musters am Doppelspalt

Kleine Öffnungen kann man sich als Ausgangspunkte von Elementarwellen vorstellen, die sich am Beobachtungsschirm überlagern. Die Elementarwellen, die von derselben Wellenfront stammen, haben bei der Entstehung gleiche Phase.

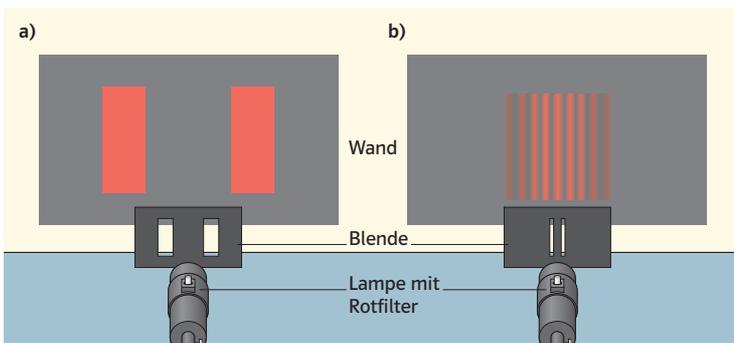
Von zwei Öffnungen aus ergeben sich zu allen Punkten, die außerhalb der Mittelsenkrechten zwischen den Öffnungen liegen, verschiedene Entfernungen. Der Unterschied, gemessen in Wellenlängen, heißt **Gangunterschied Δl** . Gangunterschiede führen zu Phasenunterschieden. Beträgt der Gangunterschied im Punkt P zum Beispiel eine halbe Wellenlänge, so sind in diesem Punkt beide Wellen ständig gegenphasig und schwächen sich gegenseitig. Beträgt der Gangunterschied dagegen eine Wellenlänge, verstärken sich die Wellen zu jedem Zeitpunkt. Nach dieser Vorstellung lassen sich Beobachtungen bei Licht, das durch feine Öffnungen gelangt, mit Welleneigenschaften erklären. Durch Verstärkung entstehen helle Bereiche, durch Abschwächung dunkle.

Da sich die geometrische Anordnung mit der Zeit nicht ändert, ergibt sich eine zeitlich stabile Verteilung heller und dunkler Bereiche, das **Interferenzmuster** (\rightarrow **B2b**). Licht zeigt Interferenz. Licht kann daher als Phänomen mit Welleneigenschaften beschrieben werden, das sich durch eine bestimmte Wellenlänge λ bzw. Frequenz f auszeichnet.

Bedingungen für Verstärkung und Auslöschung

Für Licht sind die Öffnungen eines Doppelspaltes Ausgangspunkte von Elementarwellen. Analog zur Interferenz von Wasserwellen gelten folgende Bedingungen: Ist ihr Gangunterschied zum Punkt P auf dem Schirm null oder ein Vielfaches der Wellenlänge, also $\Delta l = 0$ oder $\Delta l = \lambda, 2\lambda, 3\lambda \dots$, dann verstärken sich die Lichtwellen. Ist dagegen der Gangunterschied ein ungeradzahliges Vielfaches von $\lambda/2$, also $\Delta l = \lambda/2, 3\lambda/2, 5\lambda/2 \dots$, dann löschen sich die Wellen aus.

Licht, das auf kleine Öffnungen trifft, kann Interferenz zeigen.



B2 Beleuchtung eines Doppelspalts mit einfarbigem Licht: Große Öffnungen ergeben ein scharfes Schattenbild (a). Kleine Öffnungen führen zu hellen Streifen (b).