

Physik Q11		
Licht als Welle	Teil 2	29. Juni – 3 Juli

Wir haben festgestellt, dass unter bestimmten Bedingungen Licht Welleneigenschaften zeigt. Hinter einem engen Doppelspalt kann *kohärentes* Licht ein Interferenzmuster erzeugen.

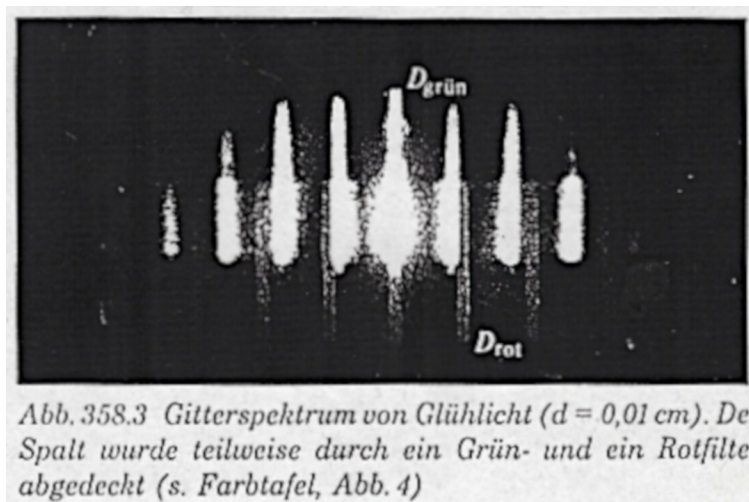
Wenn der Beobachtungsschirm sehr weit vom Doppelspalt entfernt ist (das ist bei Versuchen mit Licht eigentlich immer der Fall), dann gilt für den Abstand  $s_k$  der Maxima vom Mittelpunkt des

Interferenzbildes:  $\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b} = \frac{s_k}{e}$ ; ( $k = 0; 1; 2; 3; \dots$ )

$$\text{bzw. } s_k = k \cdot \frac{\lambda \cdot e}{b}$$

$s_k$  hängt also von der Wellenlänge des verwendeten Lichts ab. Das hat zur Folge, dass sich die Interferenzbilder überlagern, wenn man verschiedenfarbiges Licht verwendet. Je größer die Wellenlänge ist, desto größer sind auch die Abstände  $s_k$ .

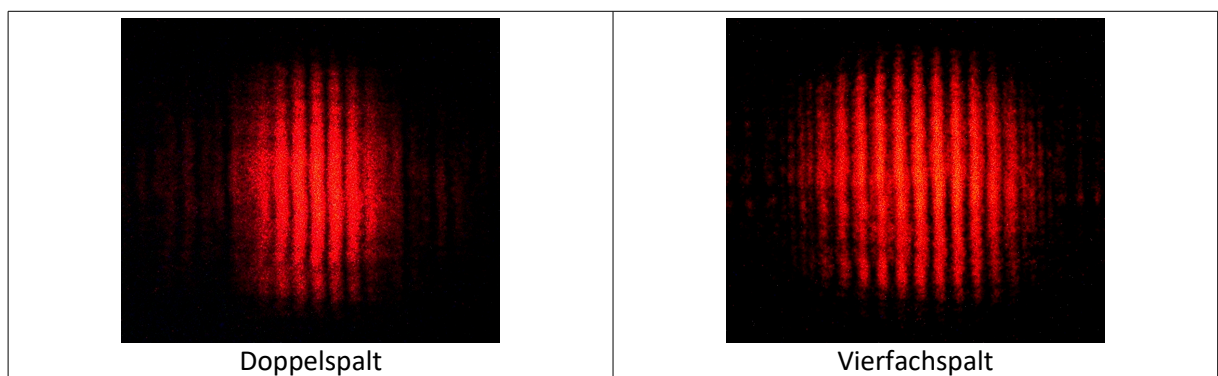
Das folgende Bild zeigt eine schwarz-weiß-Aufnahme eines Interferenzbildes, bei dem rotes und grünes Licht verwendet wurde. Im mittleren Teil überlappen sich die beiden Interferenzbilder, im oberen sieht man nur das mit grünem Licht, unten nur das mit rotem Licht.



Man kann Interferenzversuche mit Licht deshalb zur Wellenlängenbestimmung verwenden. Allerdings verwendet man dazu in der Regel keinen Doppelspalt, sondern ein sog. optisches Gitter, bei dem viele enge Spalte nebeneinander angebracht sind. Solche Gitter gibt es mit mehreren hundert Spalten pro Millimeter(!).

Welchen Vorteil hat ein solches Gitter gegenüber einem Doppelspalt?

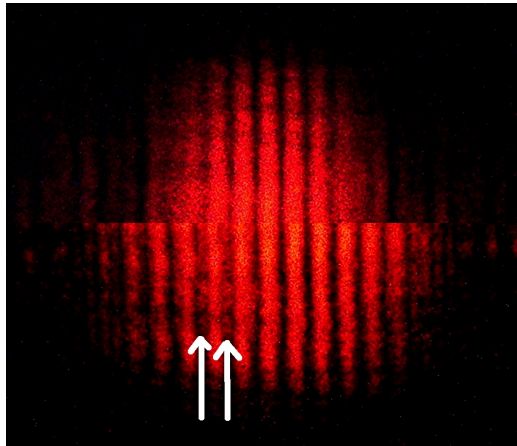
Dazu schauen wir uns die beiden folgenden Aufnahmen an.



Physik Q11		
Licht als Welle	Teil 2	29. Juni – 3 Juli

Bei genauer Betrachtung des rechten Bildes stellt man fest, dass zwischen den hellen Streifen der Maxima noch ein weiterer, schwacher Lichtstreifen zu sehen ist.

Besonders deutlich werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede, wenn man beide Bilder kombiniert:

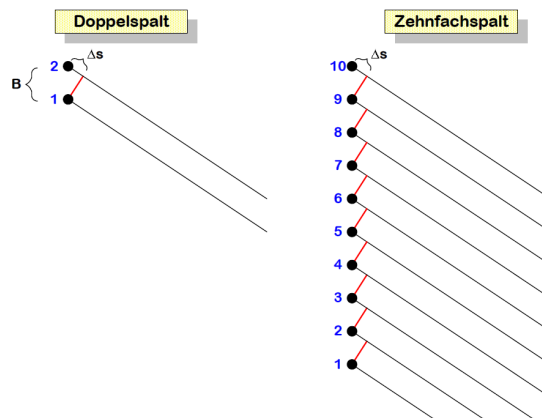


obere Hälfte: Doppelspalt

untere Hälfte: Vierfachspalt

Die Maxima sind beim Vierfachspalt an der gleichen Stelle wie beim Doppelspalt, sie sind aber etwas schmaler und schärfer. Zwischen den hellen Maxima kann man noch schwächere Streifen (Nebenmaxima) sehen (Pfeile).

Zur Erklärung schauen wir uns die beiden Prinzipzeichnungen der Verhältnisse bei einem Doppelspalt und einem Zehnfachspalt an:



Der Spaltabstand beim Doppelspalt und beim Zehnfachspalt ist gleich groß. Daher ist auch der Gangunterschied zwischen den Elementarwellen, die von zwei benachbarten Spalten ausgehen, gleich.

Damit es beim Doppelspalt zum ersten Minimum kommt, muss  $\Delta s = \frac{\lambda}{2}$  sein. Für den Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Interferenzbildes (= Maximum nullter Ordnung) und dem ersten

Minimum gilt dann:  $\sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{2b} = \frac{s_1}{e}$  bzw.  $s_1 = \frac{\lambda \cdot e}{2b}$

(vergleiche dazu die Formel für die Lage der Maxima auf Seite 1).

Beim Zehnfachspalt reicht es dagegen, wenn  $\Delta s = \frac{\lambda}{10}$  ist, damit es zu einem Minimum kommt. Dann besteht nämlich zwischen dem 1. und 6., dem 2. und 7., dem 3. und 8., dem 4. und 9. sowie dem 5. und 10. Wellenzug jeweils ein Gangunterschied von  $5 \cdot \Delta s = \frac{\lambda}{2}$ . Das bedeutet, dass sich in diesem

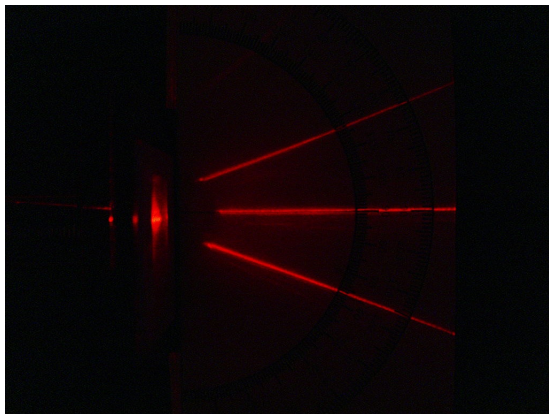
Physik Q11		
Licht als Welle	Teil 2	29. Juni – 3 Juli

Fall der 1. und 6., der 2. und 7., ... Wellenzug gegenseitig auslöschen. Die Lage des ersten Minimums ergibt sich deshalb zu  $\sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{10b} = \frac{s_1}{e}$  bzw.  $s_1 = \frac{\lambda \cdot e}{10b}$ .

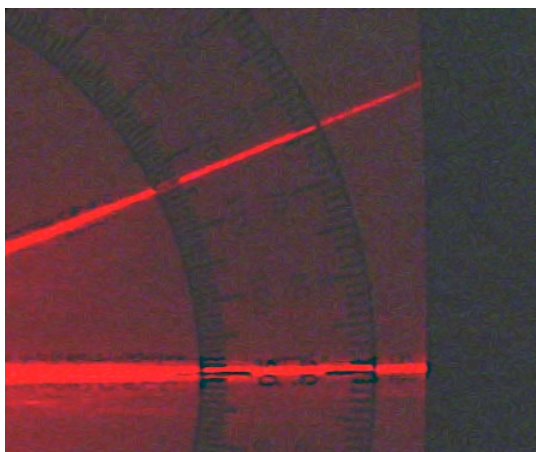
Beim Zehnfachspalt ist der Abstand zwischen dem Maximum nullter Ordnung und dem ersten Minimum also nur ein Fünftel so groß wie der gleiche Abstand beim Doppelspalt.

Das bedeutet aber, dass auch die Maxima schmaler, also schärfer werden müssen, wenn die Anzahl der Spalte zunimmt.

Bei einem optischen Gitter werden noch wesentlich mehr Spalte gleichzeitig vom Licht getroffen, so dass die Maxima extrem schmal, dafür aber vergleichsweise hell sind. Dadurch kann die Lage der Maxima bzw. ihr gegenseitiger Abstand  $s_k$  sehr gut gemessen werden. Da gleichzeitig der Spaltabstand  $b$  sehr klein ist (bei 100 Spalten pro Millimeter ist  $b = 0,01$  mm; es gibt auch Gitter mit 1000 Spalten pro Millimeter!), wird der Abstand zwischen den Maxima zusätzlich größer und dadurch besser messbar.



Interferenzbild eines Laserstrahls mit einem optischen Gitter  
(Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diffraction\\_of\\_laser\\_beam\\_on\\_grating.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diffraction_of_laser_beam_on_grating.JPG))



Der Winkel zwischen den Maxima 0. und 1. Ordnung beträgt ca. 25°. Die Wellenlänge des roten Laserlichts liegt bei ca. 700 nm.

Daraus kann man den Spaltabstand  $b$  des verwendeten Gitters (die sogenannte Gitterkonstante) berechnen:

$$\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b} \quad (k = 0; 1; 2; 3; \dots)$$

$$k = 1 \Rightarrow \sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{b} \quad \text{bzw.} \quad b = \frac{\lambda}{\sin \alpha_1}$$

$$b = \frac{700 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{\sin 25^\circ}$$

$$b = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Das verwendete Gitter muss etwa 600 Striche pro Millimeter haben.