

- a)
- Auf dem Schirm lassen sich helle und dunkle Stellen beobachten. Trifft Licht auf einen Doppelspalt, so gehen von den einzelnen Spalten Elementarwellen aus, welche mit einander interferieren. Der Gangunterschied der einzelnen Wellenstrahlen zueinander verändert sich mit dem Auftreffpunkt auf dem Schirm. Ist der Gangunterschied δ gerade ein vielfaches der Wellenlänge $\delta = k \cdot \lambda$; $k \in \mathbb{N}_0$, so tritt konstruktive Interferenz auf und man kann auf dem Schirm Intensitätsmaxima beobachten. Dazwischen löschen sich die Wellen teilweise oder vollständig aus.
 - Da der Spaltmittenabstand klein gegenüber dem Abstand Doppelspalt - Schirm ist, kann die Näherung der quasiparallelen Strahlen angewandt werden. Für den Gangunterschied der Strahlen zueinander gilt:

$$\delta = g \cdot \sin(\alpha).$$

Das Maximum vierter Ordnung tritt auf, wenn gilt $\delta = 4 \cdot \lambda$. Hiermit erhält man den Winkel unter welchem das Maximum vierter Ordnung auftritt:

$$g \cdot \sin(\alpha) = 4 \cdot \lambda$$

$$\sin(\alpha) = \frac{4 \cdot \lambda}{g} = \frac{4 \cdot 633 \cdot 10^{-9}}{0,3 \cdot 10^{-3}} \approx 0,00844 \Rightarrow \alpha \approx 0,48^\circ.$$

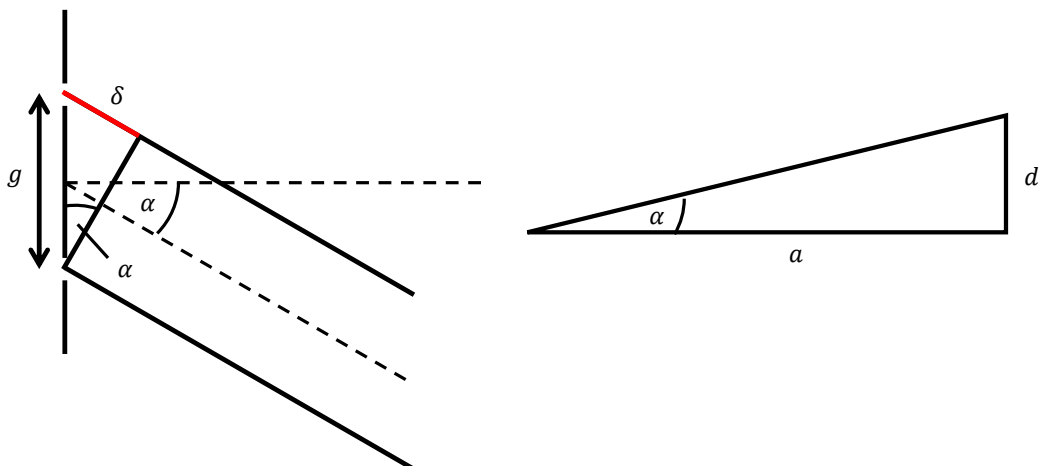
- Wir wissen, dass das Maximum vierter Ordnung unter einem Winkel von $0,48^\circ$ auftritt. Für den Abstand vom zentralen Maximum 0. Ordnung gilt:

$$x = d \cdot \tan(\alpha) = 1 \text{ m} \cdot \tan(0,48^\circ) \approx 0,00844 \text{ m}$$

Da die Maxima bei kleinen Winkeln hier Äquidistant sind, entspricht der Abstand zweier Maxima zueinander gerade einem Viertel des Abstandes des Maximums vierter Ordnung:

$$D = \frac{x}{4} \approx 0,00211 \text{ m} = 2,11 \text{ mm}$$

- b)
- Die Maxima beim Gitter sind schärfer begrenzt und liegen wegen der kleineren Gitterkonstante weiter auseinander, so dass die Maxima besser vermessen werden können und durch den größeren Abstand der Messfehler kleiner wird.
 - Da hier wieder im Vergleich zur Gitterkonstanten der Schirmabstand groß ist, kann die Näherung der quasiparallelen Strahlen angewandt werden, hierbei verlassen die Lichtstrahlen die einzelnen Spalte parallel und treffen sich auf dem Schirm. Dann erhält man aus der folgenden Konstruktionszeichnung die Beziehung für den Gangunterschied:



Für den Gangunterschied benachbarter Wellenstrahlen gilt:

$$\delta = g \cdot \sin(\alpha)$$

Haben benachbarte Wellenstrahlen im Auftreffpunkt einen Gangunterschied, welcher ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist

$$\delta = k \cdot \lambda \quad k \in \mathbb{N}_0,$$

so interferieren diese konstruktiv und es treten unter diesem Winkel Maxima auf. Die Lage auf dem Schirm kann man über den Ablenkwinkel mit der folgenden Formel bestimmen:

$$x = d \cdot \tan(\alpha).$$

Mit diesen Formeln kann man bei bekannten Abständen und Gitterkonstanten die Wellenlänge λ bestimmen.

- Da fünf Maxima auf dem Schirm sind, handelt es sich um die Maxima zweiter Ordnung welche auf dem Rand liegen. Für den Winkel unter welchem diese Maxima auftreten gilt:

$$\tan(\alpha) = \frac{x}{d} = \frac{0,15}{0,34} \approx 0,404 \Rightarrow \alpha \approx 23,8^\circ.$$

Somit folgt für die Wellenlänge:

$$\begin{aligned} \delta &= k \cdot \lambda \\ \lambda &= \frac{\delta}{k} = \frac{g \cdot \sin(\alpha)}{k} = \frac{\sin(23,8^\circ)}{600\,000 \cdot 2} \approx 3,36 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 336 \text{ nm}. \end{aligned}$$

- Da Laserlicht der gleichen Wellenlänge verwendet wird, muss die Gitterkonstante kleiner sein als die des vorherigen Gitters, da weniger Punkte auf dem Schirm liegen, im Extremfall liegen die Maxima erster Ordnung auf dem Rand des Schirms. Der Ablenkwinkel ist hierbei wieder der gleiche ($23,81^\circ$) und für die Gitterkonstante folgt:

$$g = \frac{k \cdot \lambda}{\sin(\alpha)} = \frac{1 \cdot 336 \cdot 10^{-9}}{\sin(23,8^\circ)} \text{ m} \approx 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,83 \mu\text{m}.$$

Die Gitterkonstante muss also größer sein als $0,83 \mu\text{m}$, aber kleiner als $1,67 \mu\text{m}$.

- c) • Beim Einzelspalt mit der Spaltbreite a gilt für die Minima:

$$\sin(\beta) = \frac{k \cdot \lambda}{a} \quad k \in \mathbb{N}$$

Für den Abstand vom zentralen Maximum gilt dann:

$$x = d \cdot \tan(\beta)$$

Da die Minima unter kleinen Winkeln auftreten, gilt näherungsweise $\sin(\beta) \approx \tan(\beta)$, weshalb man nach einsetzen erhält:

$$x = d \cdot \frac{k \cdot \lambda}{a} = 4 \cdot \frac{1 \cdot 633 \cdot 10^{-9}}{0,17 \cdot 10^{-3}} \text{ m} \approx 0,015 \text{ m} = 1,5 \text{ cm}.$$

Damit hat das Hauptmaximum eine Breite von $2 \cdot x = 3 \text{ cm}$.

- Zwischen den Hauptmaxima liegen im Intensitätsverlauf zwei weitere Nebenmaxima. Ein Mehrfachspalt mit n Spalten besitzt $n - 2$ Nebenmaxima, weshalb es sich bei dem verwendeten Mehrfachspalt um ein Vierfachspalt handelt.

- Das Hauptmaximum vierter Ordnung bleibt aus, dies bedeutet, dass das Maximum vierter Ordnung des Vierfachspaltes mit dem Minimum erster Ordnung des Einfachspaltes der jeweiligen Spalte zusammenfällt. Somit gilt:

$$\frac{4 \cdot \lambda}{g} = \sin(\alpha) = \sin(\beta) = \frac{1 \cdot \lambda}{a} \Rightarrow \frac{4}{g} = \frac{1}{l} \Rightarrow g = 4 \cdot l = 4 \cdot 0,17 \text{ mm} = 0,68 \text{ mm}.$$

Der Spaltmittenabstand beträgt also 0,68 mm.

- d)
- Wird Licht mit der Wellen beschrieben, so lassen sich alle Beugungs und Interferenzexperimente erklären. Hierbei gibt die Wellenfunktion die Wahrscheinlichkeit an, Photonen anzutreffen. Es sind mit dieser Theorie nur Aussagen für eine große Anzahl an Photonen möglich. Es ist unmöglich, einem Einzelnen Photon eine Bahn und somit Momentanwerte zuzuordnen.
 - Unter monochromatischem Licht versteht man Licht mit nur einer Wellenlänge, bzw. Frequenz. Mit der De Broglie Beziehung lässt sich jedem Teilchen eine Wellenlänge zuordnen:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}.$$

Monochromatisch bedeutet hierbei, dass die Elektronen eine einheitliche Geschwindigkeit besitzen. Dies kann man durch einen Geschwindigkeitsfilter erreichen.