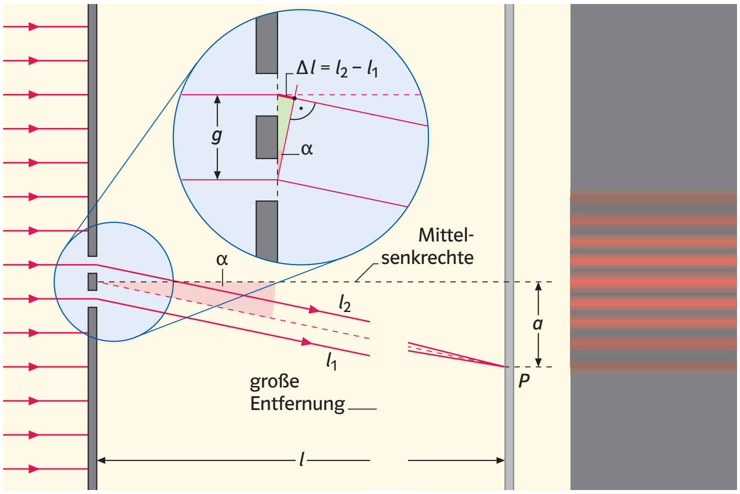

B1 Interferenz von Lichtwellen am Doppelspalt

An welchen Punkten welche Bedingung erfüllt ist, hängt von der Geometrie ab (→**B1**). Der Winkel α beschreibt die Richtung zum Punkt P. Ist der Abstand *l* zwischen Blende und Schirm groß gegenüber den Abständen *a* auf dem Schirm und sind die Abstände *a* groß gegenüber dem Abstand *g* der Spalte, so hat das gefärbte Dreieck in der Vergrößerung in Grafik **B1** näherungsweise einen rechten Winkel. Sein spitzer Winkel ist näherungsweise gleich dem Winkel α. Es gilt:

$$\sin\alpha = \frac{\Delta l}{g}$$

Maximale Verstärkung ergibt sich für einen Gangunterschied $\Delta l = k \cdot \lambda$, sodass die Bedingung für **Helligkeitsmaxima** lautet:

$$k \cdot \lambda = g \cdot \sin\alpha \quad \text{mit} \quad k = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

Das Maximum für $k = 0$ erscheint unter dem Winkel $\alpha = 0$, es ist etwas heller und wird daher **Hauptmaximum** genannt.

Interferenz lässt sich nur bei Wellenvorgängen beobachten und auch nur, wenn sich Wellen gleicher Frequenz und fester Phasenbeziehung überlagern. Solche Wellen heißen **kohärent**. Diese Bedingung lässt sich erfüllen, wenn man Licht der gleichen Quelle auf verschiedene Pfade lenkt und dann wieder zusammenführt.

Bestimmung der Lichtwellenlänge

Mit obiger Gleichung lässt sich die Wellenlänge λ bestimmen. Da sich der Winkel α nicht messen lässt, muss er aus messbaren und bekannten Größen bestimmt werden. Wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke in **B1** gilt sowohl

$$\sin\alpha_k = \frac{\Delta l}{g}, \quad \text{als auch} \quad \tan\alpha_k = \frac{a_k}{l}.$$

Auch Δl kann nicht direkt bestimmt werden. Allerdings lassen sich der Abstand eines Maximums zum Hauptmaximum (a_k) und der Abstand des Doppelspalts von der Leinwand (l) gut messen. Der Spaltabstand g ist bekannt. Damit ergibt sich für den Winkel:

$$\alpha_k = \arctan\left(\frac{a_k}{l}\right)$$

und für die gesuchte Wellenlänge λ:

$$\lambda = g \cdot \frac{\sin\alpha_k}{k} \quad \text{bzw.} \quad \lambda = \frac{g \cdot \sin\left(\arctan\frac{a_k}{l}\right)}{k}$$

Für kleine Winkel (α < 5°) unterscheiden sich Sinus und Tangens nur im Promillebereich, d.h., $\sin\alpha \approx \tan\alpha$. Aus

$$\sin\alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{g} \quad \text{und}$$

$$\tan\alpha_k = \frac{a_k}{l} \quad \text{folgt:}$$

$$\frac{k \cdot \lambda}{g} = \frac{a_k}{l}$$

Damit kann man die Wellenlänge berechnen zu:

$$\lambda = \frac{g}{k} \cdot \frac{a_k}{l}$$

Das Doppelspaltexperiment mit einem Helium-Neon-Laser habe folgende Messwerte ergeben:

- Spaltabstand: $g = 0{,}5\,\text{mm} = 0{,}5 \cdot 10^{-3}\,\text{m}$
- Abstand des Maximums 5. Ordnung zum Hauptmaximum: $a_5 = 2{,}5\,\text{cm} = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\,\text{m}$
- Abstand des Doppelspalts von der Leinwand: $l = 3{,}95\,\text{m}$

Daraus ergibt sich die Wellenlänge des Laserlichts zu:

$$\lambda = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-3}\,\text{m}}{3{,}95\,\text{m}} \cdot \frac{2{,}5 \cdot 10^{-2}\,\text{m}}{5} \approx 633\,\text{nm}$$

Für die Richtung α_k des *k*-ten Helligkeitsmaximums bei Interferenz am Doppelspalt gilt

$$\sin\alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{g} \quad \text{und} \quad \tan\alpha_k = \frac{a_k}{l} \quad \text{mit} \quad k = 0, 1, 2, \ldots$$

A1 ○ Bei Verwendung eines grünen Laserpointers ergeben sich folgende Messwerte: $l = 3{,}95\,\text{m}$; $a_6 = 2{,}5\,\text{cm}$; $g = 0{,}5\,\text{mm}$. Berechnen Sie die Wellenlänge des grünen Lichtes.

A2 ◒ Zeigen Sie, dass sich das Ergebnis der Wellenlängenberechnung mit der vereinfachten Gleichung $\lambda = (g/l) \cdot (a_k/k)$ nicht von dem bei Verwendung der vollständigen Gleichung $\lambda = g \cdot \sin\alpha_k/k$ unterscheidet.