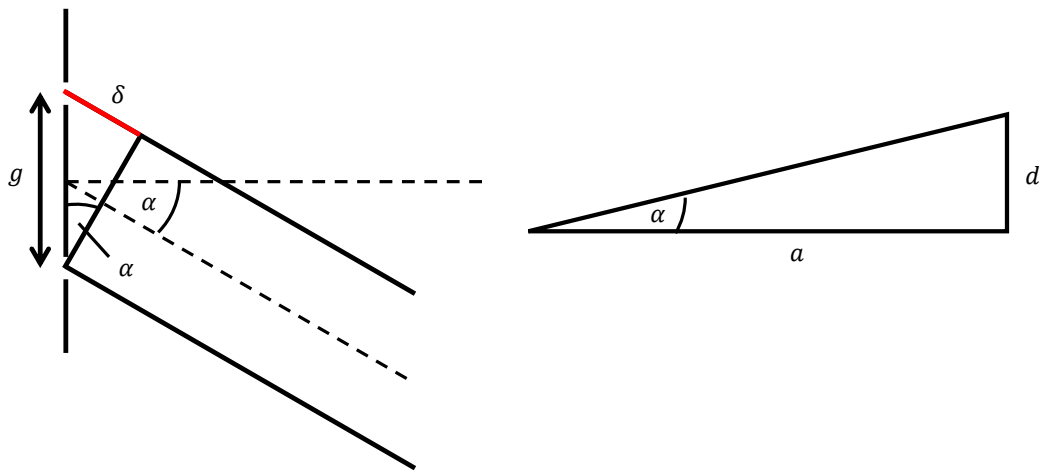


- a) • Trifft Laserlicht auf einen Doppelspalt, bzw. Gitter, so breiten sich von den einzelnen Spalten Elementarwellen aus, welche sich überlagern. Ignoriert man die endliche Spaltbreite, so kann man die Spalte als unendlich dünn ansehen, von denen einzelne Wellenstrahlen zu einem bestimmten Punkt ausgehen. 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/ Gitter - Schirm ist, kann die Näherung der quasiparallelen Strahlen angewandt werden. Für den Gangunterschied der Strahlen zueinander gilt:

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



- Das Gitter besitzt 400 Striche pro mm, somit erhält man hierfür eine Gitterkonstante von:

$$g = \frac{1}{400} \text{ mm} = 2,50 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

Der Abstand der Maxima zueinander beträgt 44,8 cm, somit haben diese einen Abstand von 22,4 cm vom zentralen Maximum nullter Ordnung. Für den Winkel unter welchem die die Maxima auftreten gilt:

$$\tan \alpha = \frac{22,4}{100} \Rightarrow \alpha \approx 12,6^\circ.$$

Somit gilt für die Wellenlänge des grünen Lichts:

$$\lambda = g \cdot \sin \alpha = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 12,6^\circ \text{ m} \approx 5,46 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 546 \text{ nm}.$$

- Gesucht ist die Ordnung k , welche noch durch die Bedingung

$$\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{g}$$

noch erfüllt ist. Dies der Fall, wenn der Quotient $\frac{k \cdot \lambda}{g}$ kleiner 1 ist, da für Werte größer 1 der Sinus nicht definiert ist. Umstellen ergibt:

$$k < \frac{g}{\lambda} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{546 \cdot 10^{-9}} \approx 4,58.$$

D.h. Maxima bis zur vierten Ordnung sind auf dem Schirm zu sehen, somit sieht man insgesamt 9 grüne Linien auf dem Papierschirm.

- b) • Das Maximum der zweiten Ordnung des grünen Lichts fällt mit dem Maximum dritter Ordnung des UV-Lichts zusammen, somit sind die Winkel unter Welchen die beiden Maxima auftreten gleich und es gilt:

$$\begin{aligned}\sin \alpha_{2, \text{grün}} &= \sin \alpha_{3, \text{UV}} \\ \frac{2 \cdot \lambda_{\text{grün}}}{g} &= \frac{3 \cdot \lambda_{\text{UV}}}{g} \\ \lambda_{\text{UV}} &= \frac{2}{3} \cdot \lambda_{\text{grün}} = \frac{2}{3} \cdot 546 \text{ nm} \approx 364 \text{ nm} .\end{aligned}$$

- Maxima höherer Ordnung überlappen sich, wenn gilt:

$$\begin{aligned}\sin \alpha_{k, \text{grün}} &= \sin \alpha_{n, \text{UV}} \\ \frac{k \cdot \lambda_{\text{grün}}}{g} &= \frac{n \cdot \lambda_{\text{UV}}}{g} \\ \frac{k}{n} &= \frac{\lambda_{\text{UV}}}{\lambda_{\text{grün}}} = \frac{2}{3}\end{aligned}$$

Also Überlappen sich auch die Maxima vierter Ordnung des grünen Lichts mit den Maxima sechster Ordnung des UV-Lichts. Weitere Überlappungen gibt es nicht, da beim grünen Licht höchstens Maxima vierter Ordnung auftreten können.

- Um die Breite des Spektrums erster Ordnung zu bestimmen, muss man den Abstand der beiden äußersten Linien zum Zentralen Hauptmaximum bestimmen. Für den Winkel der gelben Linie gilt:

$$\sin \alpha_{\text{gelb}} = \frac{579 \cdot 10^{-9}}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 0,2316 \quad \Rightarrow \quad \alpha_{\text{gelb}} \approx 13,4^\circ .$$

Deshalb hat die gelbe Linie von der Mitte einen Abstand von:

$$x_{\text{gelb}} = a \cdot \tan \alpha_{\text{gelb}} = 1 \cdot \tan 13,4^\circ \text{ m} \approx 23,8 \text{ cm} .$$

Entsprechend gilt für die UV-Linie:

$$\sin \alpha_{\text{UV}} = \frac{364 \cdot 10^{-9}}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 0,1456 \quad \Rightarrow \quad \alpha_{\text{UV}} \approx 8,37^\circ .$$

und für den Abstand:

$$x_{\text{UV}} = a \cdot \tan \alpha_{\text{UV}} = 1 \cdot \tan 8,37^\circ \text{ m} \approx 14,7 \text{ cm} .$$

Deshalb hat das Spektrum eine Breite von:

$$\Delta x = x_{\text{gelb}} - x_{\text{UV}} = 23,8 \text{ cm} - 14,7 \text{ cm} = 9,1 \text{ cm} .$$

- Die Rückwand hat eine Breite von 60 cm, da die Spektren erster Ordnung eine Breite von 23,8 cm besitzen, werden diese vollständig auf der Rückwand abgebildet. Man könnte auch Linien zweiter Ordnung beobachten, wenn die kurzwelligste Linie, die UV-Linie auf der Rückwand abgebildet wird. Diese tritt jedoch unter einem Winkel von:

$$\sin \alpha_{\text{UV}, 2} = \frac{2 \cdot 364 \cdot 10^{-9}}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 0,291 \quad \Rightarrow \quad \alpha_{\text{UV}, 2} \approx 16,9^\circ .$$

auf und hat somit einen Abstand von

$$x_{\text{UV}, 2} = a \cdot \tan \alpha_{\text{UV}, 2} = 1 \cdot \tan 16,9^\circ \text{ m} \approx 30,4 \text{ cm} .$$

von der Mitte, weshalb auf dem Schirm nur das zentrale Hauptmaximum nullter Ordnung, sowie die Spektren erster Ordnung sichtbar sind (von innen UV nach außen zu gelb).

- c) • Die Maxima erster Ordnung haben einen Abstand von 32,5 cm zueinander, d.h. die Maxima haben einen Abstand von 16,25 cm von der Mitte. Somit erhält man für den Winkel, unter welchem die Maxima auftreten :

$$\tan \alpha = \frac{0,1625}{1} = 0,1625 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 9,23^\circ.$$

Somit hat das Licht in Wasser die Wellenlänge:

$$\lambda_W = g \cdot \sin \alpha = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 9,23^\circ \text{ m} \approx 401 \text{ nm}.$$

Wegen

$$\frac{c_W}{c} = \frac{\lambda_W \cdot f}{\lambda \cdot f}.$$

Folgt für die Ausbreitungsgeschwindigkeit:

$$c_W = \frac{\lambda_W}{\lambda} \cdot c = \frac{401 \cdot 10^{-9}}{546 \cdot 10^{-9}} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 2,20 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Trifft das Licht schräg auf die Wasseroberfläche, haben wir eine ähnliche Situation wie bei einem Prisma, das Licht wird beim Übergang Luft - Wasser gebrochen. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht in Medien von der Wellenlänge abhängt, werden die verschiedenen Farben unterschiedlich stark abgelenkt. Man bezeichnet dieses Phänomen als Dispersion.
 - Bei einem Gitter entstehen symmetrische Spektren um das zentrale Hauptmaximum nullter Ordnung außerdem können Spektren höherer Ordnung entstehen. Kurzwelliges Licht wird hierbei am schwächsten und langwelliges Licht am stärksten abgelenkt. In dem Fall des Wassertrogs entsteht nur ein Spektrum oberhalb der Symmetrieachse, hierbei wird UV stärker abgelenkt als rot, da jedoch das Spektrum oberhalb entsteht, und zur Symmetrieachse hingebrochen wird, ändert sich die Reihenfolge des Schirmbilds gegenüber dem Gitter nicht.
- d) • Trifft Licht auf die Zinkplatte, so können Elektronen aus dieser herausgelöst werden, wenn die Energie der Photonen größer ist als die Ablösearbeit $W_A = 5,12 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. D.h. die Wellenlänge muss kleiner sein als:

$$\begin{aligned} W &= h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \\ \lambda &= \frac{h \cdot c}{W} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,12 \cdot 10^{-19}} \text{ m} \\ &\approx 388 \text{ nm} \end{aligned}$$

Somit haben nur die Photonen der UV-Linie genügend Energie um Elektronen aus der Zinkplatte herauszulösen.

- Die energiereichsten Elektronen besitzen die Energie:

$$\begin{aligned} W_{\text{kin}} &= W_{\text{UV}} - W_A = \frac{h \cdot c}{\lambda} - W_A \\ &= \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{364 \cdot 10^{-9}} \text{ J} - 5,12 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 0,34 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

Die Geschwindigkeit erhält man aus der Formel $W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{\text{kin}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,34 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 2,73 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Anstelle der Zinkplatte verwendet man eine Vakuumphotozelle, bei welcher die Kathode K mit der Metallschicht versehen ist. Fällt nun Licht auf die Photozelle, so werden Elektronen aus dieser herausgelöst und fliegen zur ringförmigen Anode A. Kathode und Anode sind mit einem Hochohmigen Spannungsmessgerät verbunden. Die Elektronen laden die Anode so lange auf bis sich eine Spannung einstellt, gegen welche die Schnellsten Elektronen nicht mehr anlaufen können, diese haben dann die kinetische Energie:

$$W_{\max} = e \cdot U.$$

- Eine höhere Intensität bedeutet, dass in der gleichen Zeit mehr Photonen auf die Photokathode treffen. Da aber die Energie der Photonen nicht von der Intensität abhängt, sondern nur von der Farbe des Lichts, ändert sich die kinetische Energie der Photonen nicht. Es werden nur mehr Photonen in der gleichen Zeit freigesetzt.