

# Lösungshinweise Optik 1

## Geometrische Optik

---

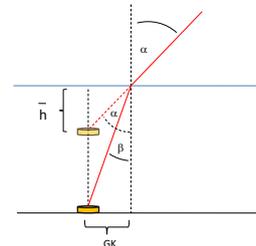
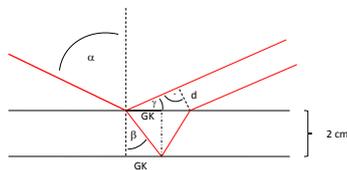
### Aufgabe 1

Ein Lichtstrahl fällt unter einem Winkel von  $\alpha = 75^\circ$  auf eine 20 mm dicke Quarzglasplatte, die unten versilbert ist. Ein Teil der Strahls wird bereits an der Oberfläche reflektiert, ein Teil des Strahls dringt in die Platte ein und wird an der Unterseite reflektiert. Anschließend tritt dieser wieder aus der Platte aus.

- Welche Strecke hat der Lichtstrahl im Glas zurückgelegt? Hinweis: Fertigen Sie eine Skizze an.
- Der an der Oberfläche reflektierte Strahl und der, der aus dem Glas wieder austritt verlaufen parallel. In welchem Abstand voneinander?

### Lösung:

- Laut Snellius'schem Brechungsgesetz ist  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$  mit  $n_1 = 1$ ,  $n_2 = 1,46$ ,  $\alpha = 75^\circ$ . Brechungswinkel ist also  $\beta \approx 41,42^\circ$ . Es gilt  $\frac{AK}{H} = \cos \beta$  mit der gesuchten Strecke (im oberen Dreieck mal 2) als Hypotenuse  $\implies$  zurückgelegte Strecke  $\approx 2 \cdot 2,67$  cm.
- Für die  $GK$  erhält man durch geeignete Winkelbetrachtung:  $GK \approx 1,77$  cm. Es gilt  $\gamma = 90^\circ - 75^\circ = 15^\circ$ . Somit ist  $\frac{d}{2GK} = \sin \gamma$  und somit  $\gamma \approx 0,92$  cm.



### Aufgabe 2

- Ein Taucher leuchtet in 10 m Wassertiefe abends mit einer Taschenlampe nach oben. Wie groß ist der Radius, unter dem das Licht durch die Oberfläche austritt?
- Eine Münze liegt in 1 m Wassertiefe wird aber durch das Wasser hindurch vermeintlich höher gesehen. Wenn auf das Wasser unter einem Winkel von  $45^\circ$  geblickt wird, in welcher Wassertiefe scheint die Münze zu liegen?

### Lösung:

- Ab  $\alpha = 90^\circ$  tritt Totalreflexion auf. Mit  $n_1 = 1$ ,  $n_2 = 1,33$  folgt mit dem Snellius'schem Brechungsgesetz:  $\beta \approx 48,75^\circ$ . Dies ist der Winkel innerhalb dessen das Licht noch in die Luft gebrochen wird. Da der Radius  $r$  die  $GK$  in einem Dreieck zu  $\beta$  darstellt, kann mit der Tiefe  $T$  ( $AK$ ) mit  $r = T \tan \beta$  der Radius mit  $r \approx 11,4$  m angegeben werden.

b) Mit  $n_1 = 1$ ,  $n_2 = 1,33$  folgt mit dem Snellius'schem Brechungsgesetz:  $\beta \approx 32,12^\circ$ . Mit Winkelbetrachtungen folgt  $\frac{GK}{AK} = \sin \beta$ , wobei die  $AK$  die reale Wassertiefe darstellt.  $GK \approx 0,53$  m Die  $GK$  taucht wieder in dem Dreieck auf, dessen  $AK = \bar{h}$  ist. Mit  $\alpha = 45^\circ$  kann die scheinbare Wassertiefe mit  $\bar{h} = \frac{GK}{\tan \alpha} \approx 0,53$  m bestimmt werden.

### Aufgabe 3

Die Brechung von Licht ist Wellenlängen abhängig. Rotes Licht der Wellenlänge  $\lambda = 656,3$  nm und blaues Licht mit  $\lambda = 468,1$  nm treten aus Luft in ein Dispersionsprisma aus Kronglas ein. Der Brechungsindex ist  $n_{rot} = 1,516$  und  $n_{blau} = 1,525$ . Eintrittswinkel für beide Wellenlängen ist  $\alpha = 30^\circ$ , die brechenden Seiten vom Prisma schneiden sich unter  $\omega = 20^\circ$

- Welchen Winkel bilden die rote und die blaue Spektrallinie nach dem Eintritt ins Prisma? Welche Wellenlänge wird stärker gebrochen?
- Unter welchem Winkel zum Lot tritt die blaue Spektrallinie wieder aus dem Prisma aus?
- Welche Geschwindigkeit und welche Frequenzen besitzen die blaue und rote Spektrallinie im Prisma?

### Lösung:

a) Mit dem Snellius'schen Brechungsgesetz wird  $\beta_{rot} \approx 19,26^\circ$  und  $\beta_{blau} = 19,14^\circ$ . Der Winkel beträgt also etwa  $0,12^\circ$ . Der Winkel für blau ist kleiner, blau wird stärker zum Lot hin gebrochen.

b) Blau bricht sich unter dem Winkel von  $\beta = 19,14^\circ$  ins Prisma. Der einfallende Strahl bildet im Prisma mit den beiden Seitenflächen ein neues Dreieck. Der Winkel linken Seitenfläche ist  $90^\circ - 19,14^\circ = 70,86^\circ$ . Der Winkel an der Spitze ist  $\omega = 20^\circ$ . Da die Winkelsumme eines Dreiecks  $180^\circ$  ist, beträgt der Winkel an der rechten Seite des Prismas  $180^\circ - 20^\circ - 70,86^\circ = 89,14^\circ$ . Der Winkel zum Lot auf der linken Prismaseite ist so  $\beta = 90^\circ - 89,14^\circ = 0,86^\circ$ . Es folgt mit dem Brechungsgesetz und  $n_{blau}$ , dass der Austrittswinkel  $\alpha \approx 1,31^\circ$  ist.

c) Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist rund  $c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Es ist  $n = \frac{c_0}{c}$ . Für  $n_{rot}$  folgt  $c_{rot} \approx 1,979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  und für  $c_{blau} \approx 1,967 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Für die Frequenz gilt  $c = \lambda f$ . Frequenz ist  $f_{rot} \approx 3,02 \cdot 10^{14}$  Hz und  $f_{blau} \approx 4,20 \cdot 10^{14}$  Hz. Bemerkung: Die Wellenlänge nimmt zwar im optisch dichteren Medium ab, aber auch die Geschwindigkeit. Die Frequenz bleibt gleich. Es gilt die Farberhaltung bei der Brechung, rot bleibt auch rot wenn es im Kronglas ist.

