

$$1. \quad a) \quad \lambda_{\text{Wasser}} = \frac{c_{\text{Wasser}}}{f} = \frac{1'483 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2'045 \text{ Hz}} = 0.7252 \text{ m} = \underline{\underline{72.52 \text{ cm}}}$$

$$b) \quad f_{\text{Helium}} = f_{\text{Wasser}} = \underline{\underline{2'045 \text{ Hz}}} \quad (\text{Die Frequenz bleibt gleich.})$$

$$\lambda_{\text{Helium}} = \frac{c_{\text{Helium}}}{f} = \frac{1'005 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2'045 \text{ Hz}} = 0.4914 \text{ m} = \underline{\underline{49.14 \text{ cm}}}$$

$$c) \quad \alpha_{\text{Wasser(reflektiert)}} = \alpha_{\text{Wasser(einfallend)}} = \underline{\underline{34.82^\circ}}$$

$$d) \quad \frac{\sin \alpha_{\text{Helium}}}{\sin \alpha_{\text{Wasser}}} = \frac{c_{\text{Helium}}}{c_{\text{Wasser}}} \quad \sin \alpha_{\text{Helium}} = \frac{\sin \alpha_{\text{Wasser}} \cdot c_{\text{Helium}}}{c_{\text{Wasser}}}$$

$$\alpha_{\text{Helium}} = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha_{\text{Wasser}} \cdot c_{\text{Helium}}}{c_{\text{Wasser}}}\right) = \arcsin\left(\frac{\sin(34.82^\circ) \cdot 1'005 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1'483 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = \underline{\underline{22.77^\circ}}$$

$$2. \quad a) \quad c_1 = \lambda_1 \cdot f_1 = 4.0 \text{ cm} \cdot 12 \text{ Hz} = \underline{\underline{48 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}} = \underline{\underline{0.48 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$b) \quad c_2 = \frac{c_1 \cdot \sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{48 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot \sin(40^\circ)}{\sin(60^\circ)} = \underline{\underline{36 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}} = \underline{\underline{0.36 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$c) \quad f_2 = f_1 = \underline{\underline{12 \text{ Hz}}} \quad \lambda_2 = \frac{c_2}{f_2} = \frac{36 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}{12 \text{ Hz}} = \underline{\underline{3.0 \text{ cm}}}$$

$$3. \quad a) \quad \alpha_{\text{Glas}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{Glas}} \cdot \sin \alpha_{\text{Luft}}}{c_{\text{Luft}}}\right) = \arcsin\left(\frac{5'770 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin(2.98^\circ)}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = \underline{\underline{60.7^\circ}}$$

$$b) \quad \alpha_{\text{Grenz}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{langsam}}}{c_{\text{schnell}}}\right) = \arcsin\left(\frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5'770 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = \underline{\underline{3.42^\circ}}$$

Die Welle muss vom «langsameren» Gebiet her kommen.

4. a) 1. Strahl (senkrecht nach unten) $\alpha_{\text{Luft1}} = 0$
 2. Strahlen (direkt rechts und links vom mittleren Strahl) $\alpha_{\text{Luft2}} = 5.0^\circ$
 3. Strahlen (nächster rechts und links vom zweiten Strahl) $\alpha_{\text{Luft3}} = 10^\circ$
 4. Strahlen (nächster rechts und links vom dritten Strahl) $\alpha_{\text{Luft4}} = 20^\circ$
 5. Strahlen (nächster rechts und links vom vierten Strahl) $\alpha_{\text{Luft5}} = 40^\circ$

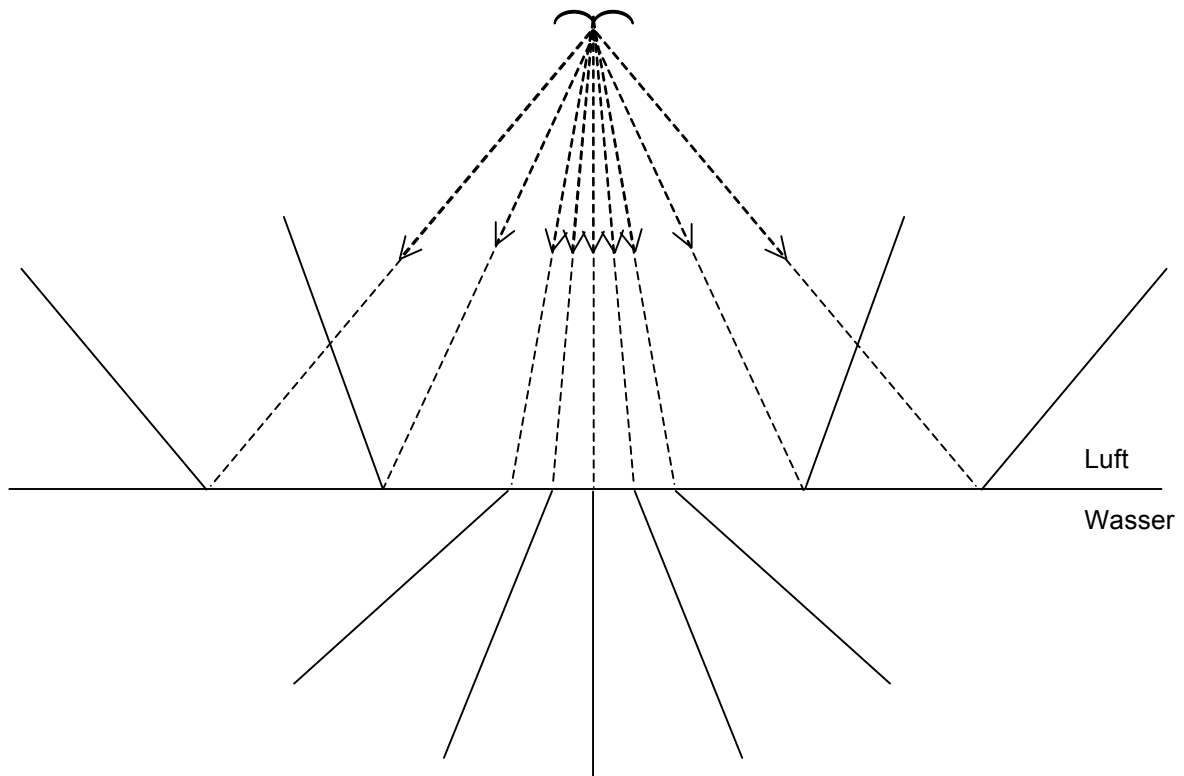
b) 1. Strahl: $\alpha_{\text{Wasser1}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{Wasser}} \cdot \sin \alpha_{\text{Luft1}}}{c_{\text{Luft}}}\right) = \arcsin\left(\frac{1483 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin(0^\circ)}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = \underline{0}$

2. Strahl: $\alpha_{\text{Wasser2}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{Wasser}} \cdot \sin \alpha_{\text{Luft2}}}{c_{\text{Luft}}}\right) = \arcsin\left(\frac{1483 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin(5.0^\circ)}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = \underline{22^\circ}$

3. Strahl: $\alpha_{\text{Wasser3}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{Wasser}} \cdot \sin \alpha_{\text{Luft3}}}{c_{\text{Luft}}}\right) = \arcsin\left(\frac{1'483 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin(10^\circ)}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = \underline{48^\circ}$

4. Strahl: $\alpha_{\text{Luft4(reflektiert)}} = \alpha_{\text{Luft4(einfliegend)}} = \underline{20^\circ}$ (Totalreflexion)

5. Strahl: $\alpha_{\text{Luft5(reflektiert)}} = \alpha_{\text{Luft5(einfliegend)}} = \underline{40^\circ}$ (Totalreflexion)



c) $\alpha_{\text{Grenz}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{langsam}}}{c_{\text{schnell}}}\right) = \arcsin\left(\frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1'483 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = \underline{13.4^\circ}$

Die Welle muss vom langsameren Gebiet her kommen, d.h. über Wasser.

5. a) Der Grenzwinkel ist relativ gross, das heisst, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeiten nicht allzu verschieden sein können (z.B. Luft und Glas geht gar nicht)

Bleibt also zum Beispiel $\alpha_{\text{Grenz}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{Helium}}}{c_{\text{Wasser}}}\right) = \arcsin\left(\frac{1'005 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1'483 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = 42.7^\circ$

Helium und Wasser

- b) Die Welle muss vom langsameren Gebiet her kommen, d.h vom Helium her.