

Wellen

Ein Taucher befindet sich unter Wasser. Sein Abstand zum Ufer beträgt l . Wie hoch über der Wasseroberfläche muss eine Person stehen um mit einer auf die Wasseroberfläche gerichteten Schallquelle auf sich aufmerksam zu machen? (Angenommen die Schallgeschwindigkeiten c_L und c_W sind gegeben.)

Hinweis:

Damit der Schall ins Wasser eindringen kann, darf ε_1 nicht größer als der Winkel der Totalreflexion sein.

Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon_2} = \frac{c_1}{c_2}$$

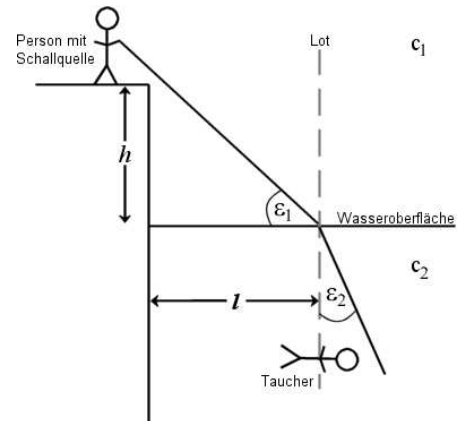
Totalreflexion:

$$\varepsilon_1 = \arcsin\left(\frac{c_1}{c_2}\right)$$

Höhe h (durch Winkelfunktionen):

$$\tan(\varepsilon_1) = \frac{l}{h}$$

$$h = \frac{l}{\tan \varepsilon_1}$$



Ein Frosch sitzt auf dem Grund eines Sees und sieht die Sonne in einem Winkel ε_2 . Unter welchem Winkel ε_1 zur Vertikalen steht die Sonne dann in Wirklichkeit? (Brechzahl von Wasser: n_w)

Brechungsgesetz:

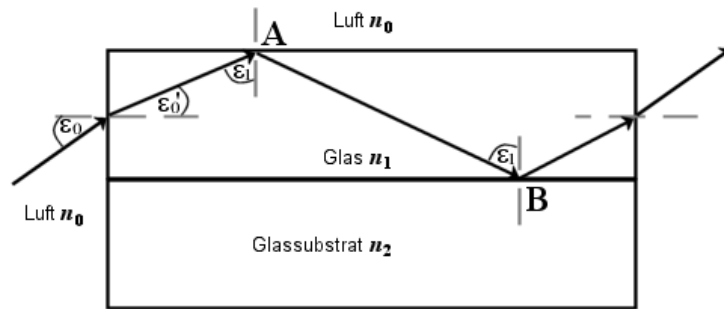
$$\frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\sin \varepsilon_1 = \frac{n_2}{n_1} * \sin \varepsilon_2$$

$$\varepsilon_1 = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1} * \sin \varepsilon_2\right)$$

Wellen

Ein Lichtwellenleiter aus Glas (Brechzahl n_1) mit rechteckigem Querschnitt ist auf ein Glassubstrat (Brechzahl n_2) aufgebracht.



Es trifft ein Lichtstrahl an Luft unter einem beliebigen Winkel ε_0 auf die Stirnfläche des Leiters. Winkel ε'_0 unter denen die Lichtstrahlen in den Leiter eintreten:

Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin \varepsilon_0}{\sin \varepsilon'_0} = \frac{n_1}{n_0} \quad (\text{Totalreflexion ist nicht möglich, da } n_0 < n_1.)$$

Beliebiger Winkel ε_0 wird angenommen. (Tipp: Winkel ε_0 so wählen, dass $\sin \varepsilon_0 = 1$)

Wenn ε_0 geschickt gewählt ist, dann:

$$\frac{1}{\sin \varepsilon'_0} = \frac{n_1}{n_0}$$

$$\frac{\sin \varepsilon'_0}{1} = \frac{n_0}{n_1}$$

$$\varepsilon'_0 = \arcsin\left(\frac{n_0}{n_1}\right)$$

d.h.: die Strahlen treten unter den Winkeln $0^\circ \leq \varepsilon'_0$ in den Leiter ein.

Mögliche Winkel ε_1 unter denen die Lichtstrahlen reflektiert werden:

$$\varepsilon_1 = 90^\circ - \varepsilon'_0 \quad (\text{maximaler Reflexionswinkel})$$

d.h.: die Strahlen werden unter den Winkeln $\varepsilon_1 \leq 90^\circ$ reflektiert.

Grenzwinkel ε_{1g} der Totalreflexion an den Punkten A und B.

$$\text{Punkt A: } \varepsilon_{1gA} = \arcsin\left(\frac{n_0}{n_1}\right)$$

$$\text{Punkt B: } \varepsilon_{1gB} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Der größere Winkel ist für den Transport des Lichts im Lichtwellenleiter maßgebend!

Winkel ε_0 unter denen eine Weiterleitung des Lichts im Lichtleiter stattfindet:

Alternative 1:

$$\varepsilon'_0 = 90^\circ - \varepsilon_{1g} \quad (\varepsilon_{1g} \text{ vom maßgebenden Punkt nehmen})$$

$$\frac{\sin \varepsilon_0}{\sin \varepsilon'_0} = \frac{n_1}{n_0}$$

$$\varepsilon_0 = \arcsin\left(\sin(\varepsilon'_0) * \frac{n_1}{n_0}\right)$$

Alternative 2:

$$\sin \varepsilon_0 \leq \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}$$

$$\varepsilon_0 \leq \arcsin\left(\frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}\right)$$

d.h.: Mögliche Auftreffwinkel bei denen weitergeleitet wird liegen zwischen $0^\circ \leq \varepsilon_0$.