

## 1.3 Lichtbrechung und Totalreflexion

### 1.3.1 Lichtbrechung im Alltag

Neben der Spiegelung ist die Brechung von Licht eine Erscheinung, die wir im Alltag beobachten können. Tauchen wir einen (geraden) Bleistift in ein Glas Wasser, so erscheint er an der Grenzfläche (= Mediengrenze) zwischen Luft und Wasser nach oben geknickt, siehe Abbildung 1.7. "Brechung des Lichts" heisst, dass ein Lichtstrahl beim Übergang von einem durchsichtigen Körper (z.B. Luft) in einen anderen durchsichtigen Körper (z.B. Glas oder Wasser) seine Richtung ändert. Senkrecht auftreffendes Licht ändert seine Richtung jedoch nicht.



Abbildung 1.7: Lichtbrechung: Ein in Wasser getauchter Bleistift erscheint geknickt.

### 1.3.2 Brechungsgesetz von Snellius

Wir untersuchen die Brechung, indem wir einen Lichtstrahl schräg auf die Mitte eines halbkreisförmigen Glaskörpers fallen lassen. Beim Eintritt in den Glaskörper wird der Strahl gebrochen, nicht aber beim Austritt. Dies deshalb, weil der Strahl beim Austritt vom Kreismittelpunkt her kommt und daher senkrecht zur Begrenzungsfläche austritt.

Den Winkel  $\alpha$  des einfallenden Strahls zur Senkrechten (zum „Lot“) nennen wir Einfallswinkel, den Winkel  $\beta$  des gebrochenen Strahls zur Senkrechten nennen wir Brechungswinkel, siehe Abbildung 1.8. Wir beobachten, dass der Strahl im Glaskörper einen kleineren Winkel zum Lot hat. Der Brechungswinkel ist also in diesem Fall kleiner als der Einfallswinkel. Wir sagen, der Strahl wird „zum Lot hin gebrochen“. Zudem beobachten wir, dass ein Teil des Lichts an der Grenzfläche reflektiert wird. Es tritt also nur ein Teil des Lichts in den Glaskörper ein und wird gebrochen.

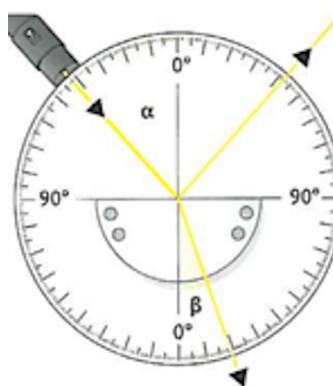
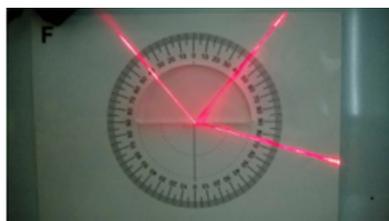


Abbildung 1.8: Untersuchung der Brechung.

Wenn wir den Glaskörper umdrehen, ergibt sich ein anderes Bild, wie in der Abbildung 1.9 zu sehen ist. Wie man in der Abbildung 1.9 sehen kann, stellen wir zwei Phänomene fest. In Abbildung 1.9(a) sehen wir, dass der Brechungswinkel stets kleiner ist als der Einfallswinkel. Man sagt, der gebrochene Strahl wird zum Lot hin gebrochen. Der Stoff, in dem der zum Lot gemessene Winkel des Lichtstrahls kleiner ist, heisst optisch dichter als der andere Stoff, der als optisch dünner bezeichnet wird. Im Unterschied zu Abbildung 1.9(a), sehen wir in (b), dass der Strahl beim Übergang von Glas zu Luft vom Lot weggebogen wird, das heisst der Brechungswinkel ist grösser als der Einfallswinkel. Was gilt für einen Zusammenhang zwischen dem Einfallswinkel und Brechungswinkel? Diesen Zusammenhang werden wir uns im Kommenden genauer anschauen.



(a)



(b)

Abbildung 1.9: (a) Brechung beim Übergang von Luft zu Glas. (b) Brechung beim Übergang von Glas zu Luft.







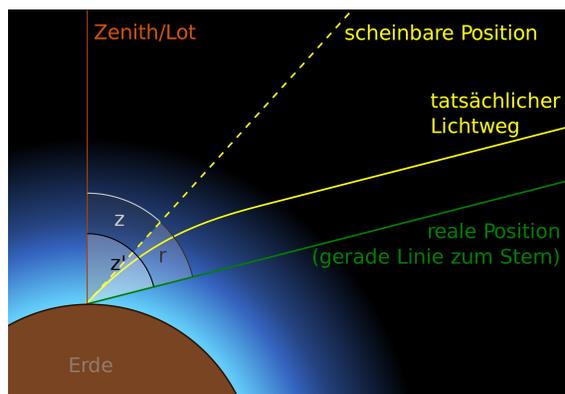


Abbildung 1.12: Astronomische Refraktion. Im Weltall beträgt der Brechungsindex  $n = 1$  und am Erdboden beträgt der Brechungsindex  $n = 1.00029$ .

### 1.3.3 Lichtgeschwindigkeit

In einem optisch dichteren Medium ist die Lichtgeschwindigkeit kleiner als in einem optisch dünneren Medium. Dabei ist der Brechungsindex ein Mass für die Verkleinerung der Lichtgeschwindigkeit. Hat die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum den Wert  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , so beträgt sie in einem Medium mit dem Brechungsindex  $n = 1.5$ , z.B. Brillenglas, nur noch

$$c_M = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.5} = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1.3.1)$$

### 1.3.4 Totalreflexion und Grenzwinkel

Geht ein Lichtstrahl vom optisch dichten in ein optisch dünnes Medium über, so wird er zum einen Teil vom Lot weg gebrochen:  $\alpha_2 > \alpha_1$  (Abbildung 1.13, links). Zum anderen Teil wird er an der Grenzfläche der beiden Medien reflektiert. Wird der Einfallswinkel  $\alpha_1$  vergrößert, so nimmt auch der Winkel  $\alpha_2$  des gebrochenen Strahls zu und erreicht den Wert  $90^\circ$ , wenn der Strahl unter dem sogenannten Grenzwinkel  $\alpha_1 = \alpha_{Gr}$  einfällt (Abbildung 1.13, Mitte). Zugleich nimmt die Intensität des gebrochenen Strahls ab, und er verschwindet bei  $\alpha_2 = 90^\circ$ , während die Intensität des reflektierten Strahls zunimmt. Ist der Einfallswinkel grösser oder gleich dem Grenzwinkel ( $\alpha_1 \geq \alpha_{Gr}$ ), so gibt es nur noch den reflektierten Strahl: Wir sprechen in diesem Fall von einer Totalreflexion (Abbildung 1.13, rechts). Der Grenzwinkel für die Totalreflexion  $\alpha_1 = \alpha_{Gr}$  kann leicht berechnet werden. Für den Übergang von einem Medium wie das Glas mit dem Brechungsindex  $n_1$  zu Luft bzw. Vakuum mit dem Brechungsindex  $n_2$  gilt:

$$\frac{\sin \alpha_{Gr}}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \alpha_{Gr} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1.3.2)$$

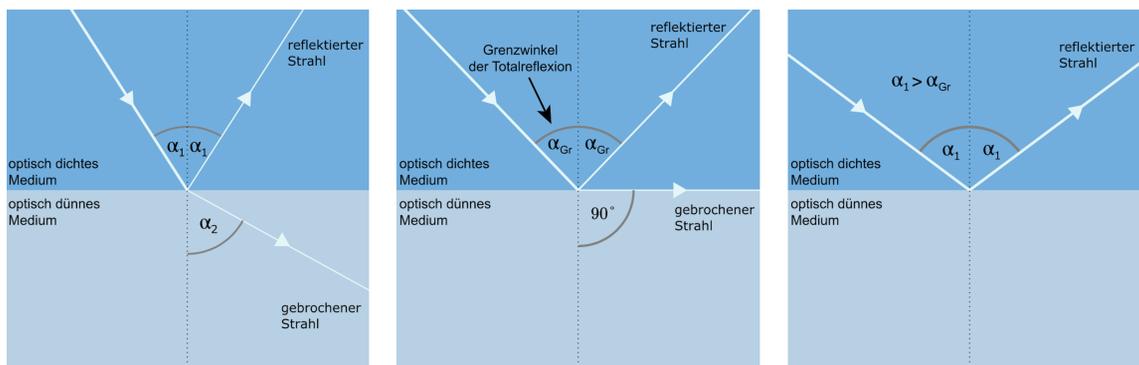


Abbildung 1.13: Totalreflexion.