

## Kapitel 7

**A20** Betrachten wir dazu die zwei Lichtstrahlen, die vom unteren Rand des Strohhalms ausgesendet werden. Diese werden an der Oberfläche vom Lot gebrochen und gelangen dann ins Auge. Wenn man diese Lichtstrahlen in die Gegenrichtung verlängert, erhält man die Position des unteren Endes, wie sie von den Augen wahrgenommen wird. Der im Wasser befindliche Teil des Halms erscheint geknickt und zusammengestaucht.

**A21** In der Taucherbrille befindet sich Luft. Die Lichtstrahlen, die vom Fisch ausgehen, werden daher vom Lot gebrochen. In **B 7.53** sind beispielhaft die Strahlen eingezeichnet, die von Kopf und Schwanz des Fisches kommen. Dein Gehirn verlängert die Strahlen, die in deine Augen kommen. Deshalb erscheint der Kopf weiter links als tatsächlich und der Schwanz weiter rechts als tatsächlich. Dadurch wird der Fisch vergrößert. Dieser Vergrößerungseffekt ist umso stärker, je näher sich die Objekte an der Brille befinden.

**A22** Das Licht tritt von einem optisch dünneren Medium (Luft) in ein optisch dichteres Medium (Glas) ein. Es wird daher zum Lot gebrochen. Der Eintrittswinkel zum Lot beträgt  $80^\circ$ , der Brechungswinkel  $40^\circ$ . Beim Austritt aus dem Glas wird der Lichtstrahl nicht gebrochen, weil das Licht senkrecht auf die Grenzfläche fällt.

**A23** Wenn Licht aus dem Wasser an Luft kommt, dann wird es vom Lot gebrochen (**B 7.19**, S. 68). Umgekehrt, also wenn ein Lichtstrahl von Luft in Wasser tritt, wird er zum Lot gebrochen. Man kann die Lichtwege in **B 7.19** also genau umdrehen. Das Gehirn verlängert immer die Lichtstrahlen, die ins Auge gelangen. Daher sieht der Fisch die Fliege, die er mit seinem Wasserstrahl treffen will, immer höher, als sie in Wirklichkeit ist. Er muss lernen, das zu korrigieren – sonst verhungert er.

**A24** In **T 7.1** kannst du sehen, dass die Lichtgeschwindigkeit und somit auch die optische Dichte der Luft von ihrer Temperatur abhängt. Aus der Düse des Jets treten sehr heiße Gase aus. Die Luft ist aber nicht überall gleich heiß, sondern es gibt etwas heißere und etwas kühlere Stellen. Diese Bereiche mit kleinen Temperaturunterschieden wirbeln chaotisch durcheinander. Man nennt so etwas Luftturbulenzen. Weil diese Bereiche unterschiedliche optische Dichten haben, wird das Licht unterschiedlich gebrochen und der Hintergrund wird dadurch unscharf und flimmert.

**A25** Die Dichte der Atmosphäre und die Temperatur nehmen mit der Höhe ab. Je höher man über dem Erdboden ist, desto kälter und dünner ist die Luft. Allerdings ist die Abnahme von Temperatur und Dichte nicht völlig gleichmäßig. Es kommt pausenlos zu Bereichen mit kleinen Temperaturunterschieden, oft mit Durchmessern von wenigen Zentimetern, die chaotisch durcheinanderwirbeln. Der Effekt ist dadurch derselbe, wie in **A24** – nur nicht so stark. Der springende Punkt ist aber, dass das Licht eines Sterns am Weg zur Erde ständig ein wenig in alle möglichen Richtungen abgelenkt

wird. Die Sterne beginnen dadurch leicht zu zittern und verändern ihre Helligkeit. Diesen komplizierten Effekt fasst man unter dem Begriff Funkeln oder Szintillation zusammen.

**A27** Im Inneren des Wasserstrahls kommt es zur Totalreflexion. Es ist ganz ähnlich wie beim Lichtleiter in **B 7.26**, S. 69.

**A28** Bei dieser Lampe befindet sich die eigentliche Lichtquelle im Sockel. Auf diesem ist ein Bündel von Lichtleitern befestigt, die sich wie Blumen in einer Vase nach außen krümmen. Das Licht aus dem Sockel wird mit Hilfe der Totalreflexion durch die Fasern geleitet und ist an den Enden zu sehen. Es ist ganz ähnlich wie beim Lichtleiter in **B 7.26**, S. 69.

**A29** Eine optische Brille vergrößert oder verkleinert. Am besten kannst du das von der Seite bemerken, wenn du die Kontur des Kopfes siehst (**B 10.28**). Bei Kurzsichtigkeit ist die Kontur nach innen verschoben (weil die Gläser verkleinern), bei Weitsichtigkeit nach außen (weil die Gläser vergrößern). Bei einer Fake-Brille ist die Kontur nicht verschoben, weil die Gläser weder vergrößern noch verkleinern. Das ist bei **B 10.28** in der Mitte der Fall, aber eben auch bei **B 7.60**, S. 75. Daher: Fake-Brille!



**A31** Überraschenderweise wechselt ein waagrechter Pfeil die Richtung, ein senkrechter Pfeil macht das aber nicht. Der Krug mit dem Wasser wirkt wie eine Sammellinse. Eine „richtige“ Sammellinse ist wie eine Kugel in alle Richtungen gekrümmt und vertauscht oben/unten und links/rechts. Der Wasserkrug ist aber wie ein Zylinder nur in waagrechter Richtung gekrümmt und vertauscht daher nur links/rechts.

**A33** Im Vordergrund befindet sich eine durchsichtige Tasse, die mit Wasser gefüllt ist. Sie wirkt dadurch wie eine halbe Sammellinse und dreht das dahinter befindliche Muster um  $180^\circ$ .

**A34** Ein scharfes Bild von einem Objekt entsteht immer dann, wenn von jedem leuchtenden Punkt des Objekts ein leuchtender Bildpunkt entsteht. Das ist sowohl bei der Sammellinse als auch bei der Lochkamera der Fall. Es gibt aber einen großen Unterschied. Bei der Sammellinse werden alle Strahlen eines Objektpunktes, die durch die Linse gehen, wieder in einem Punkt vereinigt (**B 7.41**, S. 71). Bei der Lochkamera ist es von jedem Objektpunkt nur ein einziger Lichtstrahl (**B 10.12 b**, S. 101). Das Bild einer Lochkamera ist daher viel dunkler als das Bild einer Sammellinse. Deshalb sind letztere auch aus der Mode gekommen.