

Nachts im Schwimmbad

Kontextorientierte Aufgabe

Th. Wilhelm

Die Totalreflexion ist ein Spezialfall der Brechung. Während im Allgemeinen beim Übergang von einem Medium zum anderen ein Teil des Lichtes reflektiert und ein Teil gebrochen wird, tritt beim Übergang von einem optisch dichteren zu einem optisch dünneren Medium ab einem bestimmten Grenzwinkel nur noch Reflexion auf. Die Totalreflexion kann im Unterricht an dem Übergang Glas/Luft oder Wasser/Luft gezeigt werden. Zur Totalreflexion an der Grenze Glas/Luft gibt es viele technische Anwendungen wie den Regensensor, verschiedene Umlenkprismen, den Brillant und Glasfaseranwendungen [1]. Experimentell lässt es sich aber einfacher und kostengünstiger am Übergang Wasser/Luft zeigen. Der Blick eines Tauchers von unten auf die Wasseroberfläche wäre eine Anwendung, die aber nicht aus dem Leben eines Schülers ist. Unterwasserscheinwerfer, wie man sie in Wellness-Schwimmbädern findet, sind dagegen eher aus der Lebenswelt der Schüler.

Wasser von 25°C hat für sichtbares Licht einen Brechungsindex von 1,3325 und damit gibt es beim Übergang zu Luft einen Grenzwinkel der Totalreflexion von 48,6°. Das Licht, das die Wasseroberfläche von unten in einen Winkel zur Wasseroberfläche kleiner als 41,4° trifft (bzw. mit einem Winkel zum Lot größer als 48,6°), wird an der Wasseroberfläche reflektiert. Nur Licht, das in einem Winkel größer als 41,4° (bzw. mit einem Winkel zum Lot kleiner als 48,6°) auf die Wasseroberfläche trifft, verlässt das Wasser; es wird so gebrochen, dass über dem Wasser wieder alle Winkel von 0° bis 90° vorkommen. Dass ein Scheinwerfer mehr Licht in Vorwärtsrichtung als seitlich ausstrahlt, verstärkt hier den dargestellten Effekt, muss aber bei dieser Aufgabe nicht berücksichtigt werden.

Für Schülerübungen eignen sich Laserpointer, die billig und leicht handhabbar sind. Solche Laserpointer mit punktförmigem Strahlquerschnitt dürfen nur benutzt werden, wenn deren Leistung 1 mW nicht überschreitet. Diese Laser der Klasse 2 sind ungefährlich, wenn der Laserstrahl für maximal 0,25 Sekunden ins Auge leuchtet. Dies ist durch den Lidschlussreflex des Auges sichergestellt. Deshalb sind sie in der Schule erlaubt. Nur von ausländischen Billigstgeräten, die evtl. nicht richtig klassifiziert sind, ist hier abzuraten [2].

Literatur

- [1] Wenzel, M.; Wilhelm, T.: Simulationen zu Anwendungen der Totalreflexion - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 64, Nr. 4, 2015, S. ? - ?
- [2] Strahlenschutzkommission: Gefährdungen durch Laserpointer, Empfehlung der Strahlenschutzkommission verabschiedet in der 204. Sitzung der Kommission am 8./9. Dezember 2005, veröffentlicht durch Bekanntmachung vom 15. März 2006 (BAnz. Nr. 75 vom 20.04.2006 S. 3029)

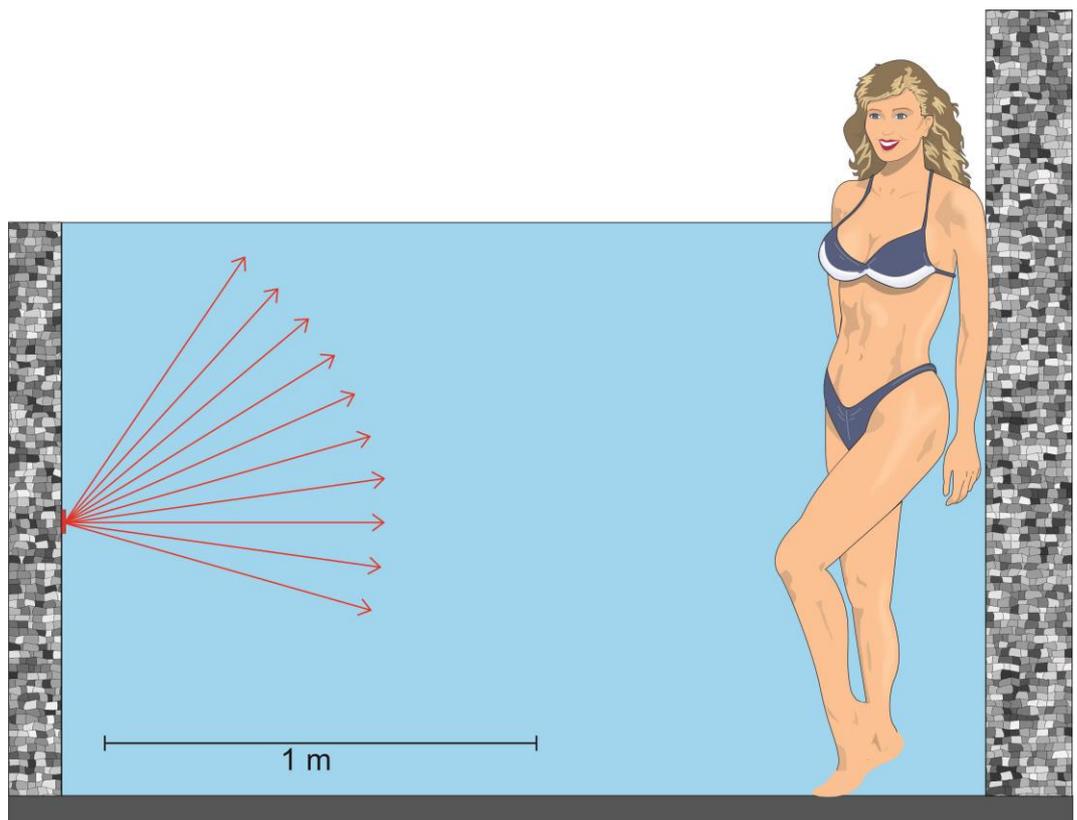
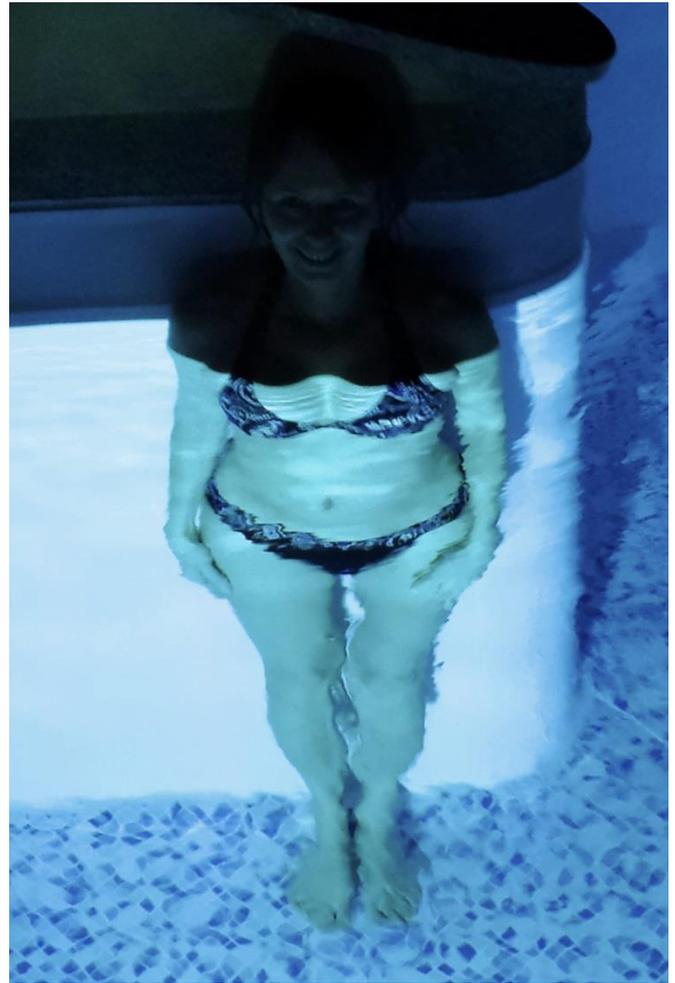
Nachts im Schwimmbad

Auf dem Foto siehst du eine Frau, die nachts in einem Schwimmbad im Freien badet. Wie man das heute oft findet, gibt es auch in diesem Außenbecken in den Wänden des Schwimmbeckens Unterwasserscheinwerfer, die in diesem Falle sogar noch ihre Lichtfarbe verändern. Außerhalb des Wassers gib es bei diesem Schwimmbecken kaum Lampen, so dass es relativ dunkel ist. Die Frau steht an einer Schwimmbeckenwand. Ihr gegenüber im Abstand von ca. 2 m befindet sich ein Unterwasserscheinwerfer, der sie bestrahlt.

Aufgaben

1. Beschreibe, wo in dem Foto die Wand und die Frau von dem Scheinwerfer beleuchtet werden und wo nicht.
2. In der zweiten Abbildung wurde die Situation nachgezeichnet. Außerdem sind einige Lichtstrahlen von dem Scheinwerfer eingezeichnet. Verlängere diese Lichtstrahlen. Bedenke: Beim Übergang vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium werden die Lichtstrahlen vom Lot weggebrochen. Ist bei der Grenzfläche Wasser/Luft der Winkel zum Lot kleiner als 49° , tritt Totalreflexion auf.
3. Erkläre mit der vervollständigten Zeichnung das Foto.
4. Was passiert, wenn sich die Frau nahe an den Scheinwerfer stellt (z. B. 60 cm entfernt)?
5. Bau die Situation nach. Nimm für das Schwimmbecken ein quaderförmiges Glas- oder Plexiglasgefäß. Fülle das Gefäß mit Wasser und gib ein paar Tropfen Milch dazu. Nimm anstelle des Unterwasserscheinwerfers einen Laserpointer, mit dem du von außen in das Gefäß leuchtest. Gut ist, wenn der Raum etwas abgedunkelt wird.

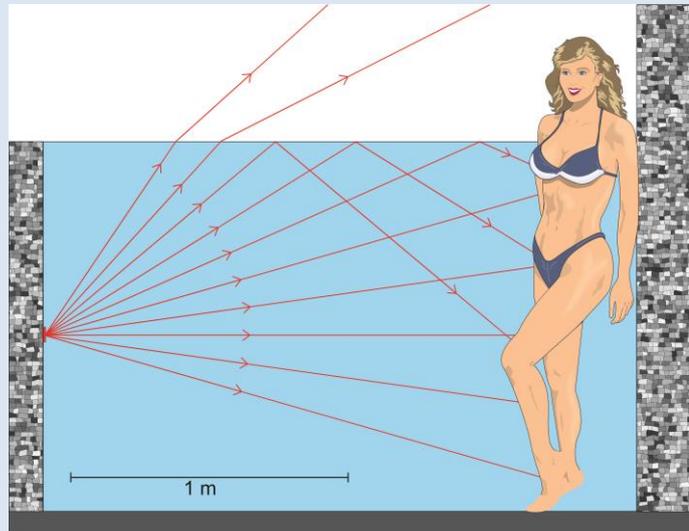
Arbeitsblatt Kontextorientierte Aufgabe



Lösungen

1. Die Wand und die Frau sind bis in die Höhe der Wasseroberfläche beleuchtet. Oberhalb der Wasseroberfläche sind sie dagegen kaum beleuchtet.

2. Die oberste Strahlen wird gebrochen und verlässt die Wasseroberfläche in einem Winkel von ca. 48° zum Lot, also in einem Winkel von ca. 42° zur Wasseroberfläche. Der zweite Strahl wird ebenso gebrochen und verlässt die Wasseroberfläche in einem Winkel von ca. 63° zum Lot bzw. in einem Winkel von ca. 27° zur Wasseroberfläche. Die nächsten drei Strahlen werden totalreflektiert und treffen unter Wasser auf die Frau. Die restlichen fünf Strahlen treffen direkt auf die Frau.



3. Lichtstrahlen, die im Wasser auf der geraden Verbindung zwischen Scheinwerfer und dem Teil der Frau liegen, der aus dem Wasser schaut, werden totalreflektiert und bleiben im Wasser. Sie beleuchten nur den Teil der Frau, der im Wasser ist. Nur ein geringer Teil des Lichts des Scheinwerfers verlässt das Wasser, wobei es gebrochen wird. Dieses Licht ist über einen großen Winkelbereich verteilt. Deswegen wird der Kopf und die Schultern der Frau (also, das was über Wasser ist) viel schwächer beleuchtet.

4. Wenn die Frau nahe an dem Strahler steht, tritt keine Totalreflexion mehr auf und die Frau erscheint über und unter der Wasseroberfläche fast gleich hell. Da das Licht, das in einen Raumwinkel ausgesandt wird, bei der Brechung auf einen größeren Raumwinkel verteilt wird, sind die Helligkeiten nicht völlig gleich.

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. Thomas Wilhelm, Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main, wilhelm@physik.uni-frankfurt.de, www.thomas-wilhelm.net