

Erläutern sie mit Beispielen aus der Schulphysik, wann Demonstrationsexperimente didaktisch sinnvoll sind und worauf die Lehrkraft dabei achten sollte, damit diese lernförderlich sind.

Bevor im Folgenden darauf eingegangen werden soll, wann Demonstrationsexperimente eingesetzt werden können, und was bei der Durchführung eines solchen Versuchs zu beachten ist, geht es zunächst darum, den Begriff des Demonstrationsexperiments abzugrenzen.

Von einem Demonstrationsexperiment spricht man, wenn man sich auf eine experimentelle Tätigkeit bezieht, die vom Lehrer vorbereitet und vor der Klasse durchgeführt wird.

Dabei stellt sich natürlich die Frage, warum ein Versuch nur vom Lehrer und nicht von den Schülern selbst durchgeführt wird. Dies wäre möglicherweise für die Motivation und auch aus Sicht des Erinnerns aus Schülersicht besser, ist aber gelegentlich aus verschiedensten Gründen nicht möglich. So müssen Versuche mit gefährlichen Materialien (Hochspannung,...) vom Lehrer durchgeführt werden, um eine Gefährdung der Schüler von Anfang an auszuschließen. Ein Versuch, der in diese Gruppe einzuordnen ist, ist der Hörnertransformator zu nennen. Des Weiteren sind Versuche, die ein gewisses experimentelles Geschick erfordern für Schülerhände ungeeignet. Es sei nur auf die Bedienung von aufwändigen Messgeräten (z.B. Oszi) verwiesen. Natürlich muss hier wieder nach dem Alter der Schüler und deren Vorerfahrungen differenziert werden. Der größte Teil der Versuche, die als Demonstrationsexperiment durchgeführt werden, sind aber weder zu gefährlich noch zu anspruchsvoll für die Schüler. Der Grund, hier dennoch auf einen Lehrerversuch zurückzugreifen, liegt dann meist im Aufwand, der mit Schülerexperimenten verbunden ist. Damit ist zum Einen der zeitliche Aufwand gemeint, der für die Vorüberlegung, die Planung und die Vorbereitung eines Schülerexperiments nötig ist. Der Zeitbedarf ist hierfür deutlich größer, als für die bloße Vorbereitung eines Demonstrationsexperiments. Zum Anderen soll aber vor allem der materielle Aufwand angesprochen werden. Um Schüler in Gruppen Versuche durchführen zu lassen muss das benötigte Material mehrfach vorhanden sein. Bei einfacheren Freihandexperimenten ist dieser Aspekt weniger von Bedeutung, als bei Versuchen, für die teure Messgeräte oder Ähnliches benötigt werden, was in einer Schulsammlung typischer Weise in eher begrenztem Umfang zur Verfügung steht. Als Beispiel sei hier auf die Frequenzmessung beim Dopplereffekt verwiesen.

Aber nicht nur die Nachteile von Schülerexperimenten sprechen für den Einsatz von Demonstrationsexperimenten. Dadurch, dass die Schüler nicht direkt an der Versuchsdurchführung beteiligt sind, können sie ihre volle Aufmerksamkeit auf das Gezeigte richten. Zusätzlich kann so sichergestellt werden, dass alle Schüler zur gleichen Zeit den selben Versuch gesehen haben, wenn anschließend über die Beobachtungen diskutiert werden. Bei Messreihen (z.B. zur Bestimmung der Federhärte

oder zum Erstellen eines U/I – Diagramms) kann nach einem Demonstrationsexperiment auf einheitliche Messwerte Bezug genommen werden. Durch den Einsatz von Demonstrationsexperimenten wird es ermöglicht, eindrucksvolle, motivierende Versuche (Showexperimente) in den Unterricht mit einzubringen. Nicht zuletzt die im Unterricht nur begrenzt zu Verfügung stehende Zeit ist oft der Grund dafür, ein Experiment einmalig vor der gesamten Klasse zu zeigen. Es gibt also einige Gründe, bei der Versuchsdurchführung auf ein Demonstrationsexperiment zurückzugreifen.

Es soll nun noch näher darauf eingegangen werden, was vom Lehrer bei der Durchführung eines Demonstrationsexperiments zu beachten ist.

Zunächst einmal ist darauf zu achten, dass sich der Versuch auf das Wesentliche beschränkt. Dazu zählt zum Beispiel das Weglassen von nicht benötigten Versuchselementen (Testversuch Leiter/Nichtleiter: Spannungsquelle muss nicht sichtbar sein). Dies trägt gleichzeitig auch zu einem klaren, strukturierten Aufbau bei.

Nichtsdestotrotz sollte der Versuchsaufbau vor der Durchführung des Experiments noch einmal besprochen und erklärt werden. Die Struktur des Aufbaus wird durch eine Orientierung (von links nach rechts, von oben nach unten) unterstützt und kann durch Orientierungshilfen, zum Beispiel Pfeile, die die Versuchsrichtung kennzeichnen, oder schematische Skizzen an der Tafel noch weiter veranschaulicht werden. Logischerweise ist sicherzustellen, dass die wesentlichen Elemente des Versuch (Messgeräte, die den untersuchten Wert messen, ...) für alle Schüler gleichzeitig gut sichtbar sind.

Weiterhin hat der Lehrer die Aufgabe, die Schüler vor der Versuchsdurchführung zum Beobachten zu motivieren und sie nach Möglichkeit auch in die Experimente mit einzubeziehen. So kann die Aufmerksamkeit der Schüler verbessert werden.

Demonstrationsexperimente sind stets so zu wählen, dass sie die Schüler nicht überfordern. Dies kann eventuell durch Zerlegung in Teilversuche oder eine gründliche Vorbesprechung sichergestellt werden.

Bei Demonstrationsexperimenten hat der Lehrer eine zusätzliche Vorbildfunktion. Dies bezieht sich sowohl auf seine Sprache (korrekte Verwendung der Fachsprache), als auch auf den Umgang mit den Versuchsmaterialien. So sollte der Lehrer zum Beispiel bei Versuchen mit Strom darauf achten, dass die Spannung abgeschaltet ist, bevor er in den Stromkreis eingreift. Für den Lehrer mag in dieser Situation klar sein, dass die Spannung und die verwendete Stromstärke ungefährlich sind, für Schüler ist diese Abschätzung bei eventuellen späteren Schülerversuchen nicht möglich!

Letztendlich sollte nach jedem Versuch eine Sicherung erfolgen. Dadurch wird sichergestellt, dass jeder Schüler die selben Schlüsse aus dem Versuch zieht und Fehlinterpretationen werden vermieden. Durch die Diskussion über den Versuch kann auch auf die Schülervorstellungen Bezug genommen werden. Bestätigt das Gesehene die Vermutungen, oder widerspricht es eventuell sogar?

Es gibt also eine Vielzahl von Aspekten, auf die der Lehrer bei der Durchführung von Demonstrationsexperimenten achten muss.

- a) Beschreiben sie ein Demonstrationsexperiment zur Totalreflexion
- b) Geben sie zwei verschiedene Erscheinungen aus der Alltagswelt oder der Technik an, bei denen Totalreflexion eine Rolle spielt.

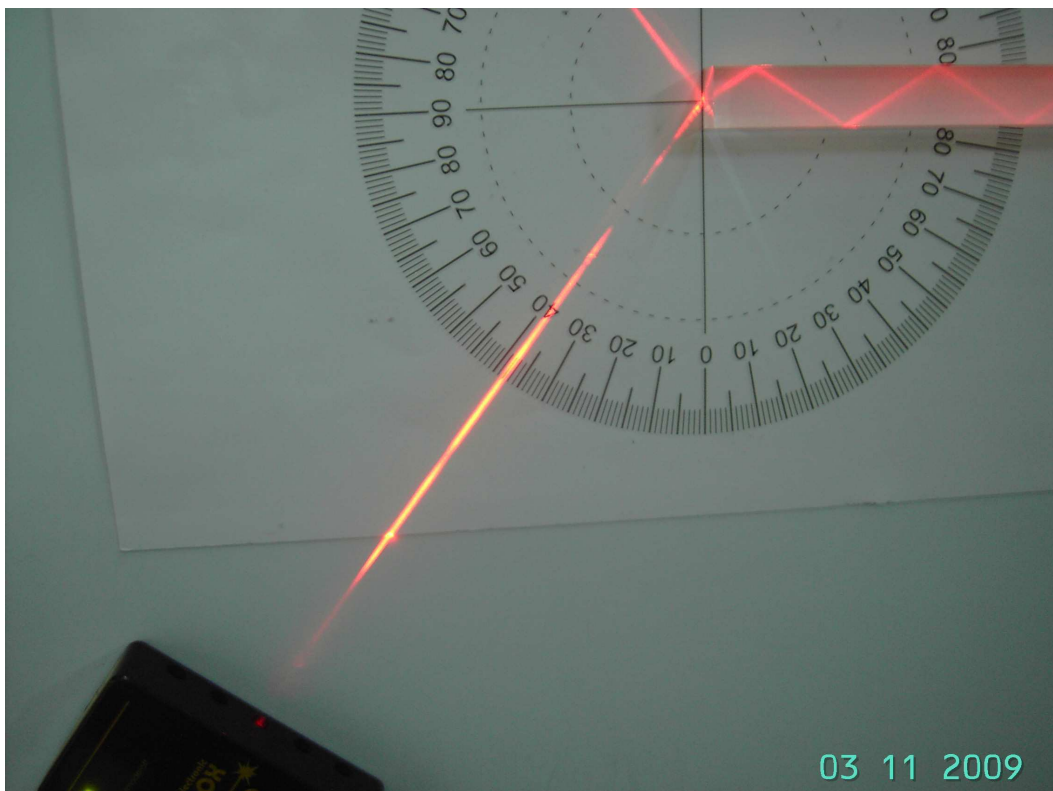
a)

Der Versuch, der im Folgenden beschrieben werden soll, kann verwendet werden, um die technische Verwendung von Totalreflexion im Regensensor am Auto zu veranschaulichen.

Dazu wird als Material benötigt:

Laserpointer, Magnettafel, magnetischer Glasquader, Laptop mit Messprogramm und Intensitätssensor, Wasser, Pipette

Entsprechend dem Foto wird der Glasquader an der Tafel befestigt. Dann wird der Strahl des Laserpointers an der Stirnseite eingekoppelt. Jetzt ist der Strahlverlauf im Inneren des Glasquaders sichtbar. An der Grenzfläche von Glas zu Luft wird der Lichtstrahl jeweils totalreflektiert und läuft so durch den Glasquader. An der gegenüberliegenden Stirnseite wird der Strahl wieder ausgekoppelt. In diesen Lichtstrahl wird nun der Intensitätssensor eingebracht, der mit dem Laptop verbunden ist. Wird die Messung gestartet, ist zunächst eine konstante Lichtintensität zu erkennen. Nun wird mit der Pipette bei laufender Messung Wasser auf die Oberseite des Quaders aufgebracht und so Regen simuliert. Ist ein Wassertropfen genau an der Stelle, an der der Laserstrahl auf die Grenzfläche trifft, ist dort zu sehen, wie Licht ausgekoppelt wird. Dies kann auch am gemessenen Intensitätsverlauf erkannt werden.



Vor der Versuchsdurchführung ist zu klären, wo das Fahrzeuginnere ist und, dass der Glaskörper die Windschutzscheibe repräsentiert.

Eine andere Anwendung findet die Totalreflexion zum Beispiel bei Lichtwellenleitern. Dabei wird ein elektrisches Signal in ein optisches Signal umgewandelt. Dieses wird vergleichbar zum Versuch von oben im Lichtwellenleiter mehrfach total reflektiert und kann so über sehr lange Entfernungen (eventuell mit Signalverstärkern) transportiert werden. Am Ziel wird das Licht wieder ausgekoppelt und in ein elektrisches Signal zurück gewandelt.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Totalreflexion ist der Einsatz von Umkehrprismen in Ferngläsern. Da das Bild dort durch die Linsen Seitenverkehrt und an der Horizontalen gespiegelt wird, muss dies korrigiert werden, bevor das Licht ins Auge des Betrachters fällt. Dazu werden Prismen in den Strahlverlauf eingebracht. An den Grenzflächen von Glas zu Luft tritt auch hier wieder Totalreflexion auf und das Bild wird quasi wieder „zurückgespiegelt“.

Skizzieren sie eine Unterrichtseinheit zum Thema Totalreflexion! Gehen sie auf notwendige Lernvoraussetzungen ein und formulieren sie Lernziele.

Vorkenntnisse:

Das Thema Totalreflexion ist in den großen Teilbereich der Optik in die Schulphysik einzuordnen. Dieser Teilbereich ist an den Beginn des Physikunterrichts in der 7. bzw. 8. Klasse, je nach Zweig, gelegt worden. Die Schüler verfügen demnach noch über sehr begrenzte Vorkenntnisse im Bezug auf Physik, die für die Optik an sich aber auch nicht benötigt werden. Nachdem die Ausbreitung des Lichts, Licht und Schatten und Reflexion von Licht behandelt wurde, schließt sich ein Block zum Thema Brechung, Totalreflexion und Dispersion an. Diese Fälle bilden quasi Ausnahmefälle, in denen die Lichtausbreitung nicht mehr nur geradlinig erfolgt. Um die Totalreflexion erklären zu können muss die Brechung und insbesondere die Größe „Brechungsindex“ jedoch bereits bekannt sein. Erst dann ist zu erkennen, wie Totalreflexion überhaupt entsteht. Die Schüler sollten also wissen, dass ein Lichtstrahl, der auf die Grenzfläche zweier Medien mit unterschiedlicher Brechzahl trifft, abgelenkt wird. Außerdem sollte die Richtung der Ablenkung (zum Lot hin oder vom Lot weg) bekannt sein. Der Grenzwinkel, ab dem Totalreflexion auftritt, kann zwar auch rechnerisch bestimmt werden, die mathematischen Grundlagen (trigonometrische Funktionen) aber sind in der angesprochenen Altersstufe nicht bekannt. Daher muss man sich darauf beschränken, den Effekt rein qualitativ zu zeigen. Der Lehrplan sieht nicht nur die Einführung von Totalreflexion als Phänomen vor, sondern auch deren technische Anwendung.

Ziele:

Grobziel:

„Die Schüler sollen die Totalreflexion kennen lernen.“

Feinziele:

- Die Schüler sollen mit eigenen Augen erfahren, dass neben geradliniger Ausbreitung und Brechung auch Totalreflexion möglich ist.
- Die Schüler sollen erkennen, dass Totalreflexion nur beim Übergang von optisch dichteren Medien zu optisch dünneren Medien erfolgen kann.
- Die Schüler sollen durch selbstständiges Experimentieren begeistert werden.
- Die Schüler sollen feststellen, dass Totalreflexion erst ab einem bestimmten Winkel, dem Grenzwinkel, auftritt und dass dieser vom Brechungsindex der verwendeten Medien abhängt.

Unterrichtsskizze:

Die folgende Matrix soll einen Überblick über den geplanten Stundenverlauf geben. Die enthaltenen Versuche sind nummeriert und werden im Anschluss an die Skizze genauer erläutert.

U-Phase	Vorgehen	Did. Anmerkungen
Einstieg	Schülerexp. 1 und Schülerexp. 2 werden gruppenweise durchgeführt und die Ergebnisse verglichen.	Durch das selbstständige Arbeiten in Gruppen wird das Interesse der Schüler geweckt. Dies wird dadurch unterstützt, dass das Gesehene nicht mit dem vorhandenen Wissen erklärt werden kann.
Erarbeitung 1	Mit Hilfe von Demoexp. 1 wird ausgehend von der Brechung zur Totalreflexion hingeführt.	Der Bezug zu bereits Bekanntem führt dazu, dass die Schüler die Totalrefl. nicht als völlig neues Thema einordnen, sondern als Erweiterung der Brechung. Es ist also eine Art „roter Faden“ erkennbar. Es kann so „quasi nebenbei“ geklärt werden, dass Tot.Refl. nur beim Übergang von n_1 nach n_2 mit $n_1 > n_2$ auftreten kann.
Erarbeitung 2	Nachdem der „Grenzwinkel“ α_{grenz} für Glas bestimmt wurde, wird stattdessen ein Kunststoff-Körper in den Strahlverlauf eingebracht und dort α_{grenz} bestimmt.	Es wird so veranschaulicht, dass Totalreflexion nicht nur bei Glas auftritt, sondern generell. Zusätzlich wird die Abhängigkeit $\alpha_{\text{grenz}}(n)$ gezeigt.
Sicherung	Im Hefteintrag 1 soll das bislang beobachtete festgehalten werden.	Die Schüler haben so die Möglichkeit, auch zu Hause, ohne experimentellen Aufbau die U-Einheit nachzubereiten.
Vertiefung	Da im Lehrplan ohnehin technische Anwendungen und Naturerscheinungen im Zusammenhang mit Tot.-Refl. explizit aufgeführt sind, kann die Vertiefung je nach zeitlichem Rahmen in dieser oder in der Folgestunde erfolgen. Dabei ist zum Beispiel auf den Versuch zum Regensensor (vgl. oben) oder die technische Anwendung in Glasfaserkabeln zurückzugreifen.	

Experimente:

Schülerexperiment 1:

Benötigtes Material: Plastikbecher, Laserpointer, Tesafilm, Nagel, Zündhölzer, Teelicht, Auffangbecken

Durchführung:

Zünde das Teelicht an und erhitze den Nagel langsam darüber. Steche mit dem warmen Nagel ein Loch von etwa 2mm in die Becherwand, ca. einen Zentimeter über dem Boden. Mache ein zweites Loch, das dem ersten möglichst genau gegenüber liegt. Klebe ein Loch nun wieder mit Tesafilm zu. Halte das andere Loch mit deinem Finger zu und fülle den Becher etwa zu 3/4 mit Wasser. Achte darauf, dass du mit dem Becher immer über dem Becken bist! Leuchte mit dem Laserpointer durch die Öffnung, die du verklebt hast direkt auf das andere Loch und nimm deinen Finger von der Öffnung. Was kannst du beobachten?

Beobachtung:

Der Lichtstrahl kann nicht mehr aus dem Wasserstrahl ausbrechen, auch nicht, wenn dieser gebogen ist! Erst am Boden des Beckens wird ein roter Punkt sichtbar.

Schülerexperiment 2:

Benötigtes Material: Gelatinebecken, Laserpointer

Durchführung:

Leuchte von der Stirnseite des Beckens mit dem Laserpointer waagrecht in das Becken. Du kannst dort den Lichtstrahl sehen. Leuchte nun schräg von der unteren Kante des Beckens an die Oberfläche. Achte darauf, dass du niemanden anleuchtest! Was passiert mit dem Lichtstrahl, wenn er von unten auf die Oberfläche trifft?

Beobachtung:

Bei geradem Einfall wird der Lichtstrahl sichtbar, bei schrägem Einfall wird der Lichtstrahl beim Übergang von Gelatine zu Luft komplett in das Becken zurückgeworfen.

Demonstrationsexperiment 1:

Benötigtes Material: Laser-Ray-Box oder Laser-Wasserwaage, optische Scheibe, halbkreisförmiger Glas- und Kunststoffkörper. Der Versuch soll an der Magnettafel durchgeführt werden. Daher ist darauf zu achten, dass die verwendeten Materialien dazu geeignet sind. Alternativ könnte der Versuch auch in der Tischebene durchgeführt werden und senkrecht von oben gefilmt und an die Tafel projiziert werden.

Durchführung:

Der Glaskörper wird so auf die opt. Scheibe gelegt, dass die Mitte der geraden Seite im Mittelpunkt der Scheibe liegt. Der Laser wird so angebracht, dass der Einfallswinkel relativ gering ist. Es ist dann Brechung zu sehen. Dann wird der Einfallswinkel vergrößert, bis plötzlich Totalreflexion auftritt. Aus dem Verlauf

des U-Gesprächs ergibt sich dann, ob zunächst der Grenzwinkel bestimmt wird, oder, ob untersucht wird, ob Totalreflexion nur bei Glas als Spezialfall auftritt. Um dies zu klären, muss der Glaskörper durch ein anderes Material, z.B. Kunststoff ersetzt werden. Auf beide Aspekte, also Grenzwinkel und Materialabhängigkeit, soll noch näher eingegangen werden.