

Die Schusterkugel

Roger Erb, Lutz Schön

Universität Gesamthochschule Kassel

(aus: K. H. Wiebel (Hrsg.). *Zur Didaktik der Physik und Chemie – Vortrag der GDCP-Tagung in Weingarten 1990*. S. 291-293.

Früher wurde von Handwerkern bei Feinarbeiten, etwa in der Schusterwerkstatt, eine hohle, wassergefüllte Glaskugel benutzt, um das Licht einer Kerze so zu bündeln, dass in dem Schein ein Arbeiten möglich wurde. Füllt man eine solche Kugel im Schein einer Leuchte, kann man einige interessante Phänomene beobachten.

Im Licht eines Diaprojektors wirft die leere Kugel einen transparenten "Schatten" an die Wand. Wir füllen die Kugel langsam mit Wasser und sehen den Wasserspiegel steigen, in der Projektion aber scheint die Kugel leer zu bleiben. Erst wenn sie schon zu einem guten Teil gefüllt ist, steigt ein dunkler Schatten über den transparenten. Dieser wächst dann aber schnell, so dass die zur Hälfte gefüllte Kugel auch in der Projektion halb gefüllt erscheint. Auch wenn wir weiter Wasser hinzugießen, steigt der Flüssigkeitsspiegel im Schattenbild schneller als in der wirklichen Kugel. Schließlich sehen wir beim Blick an die Wand eine scheinbar vollständig gefüllte Kugel, in die weiter Wasser gegossen wird, ohne dass sie überläuft.

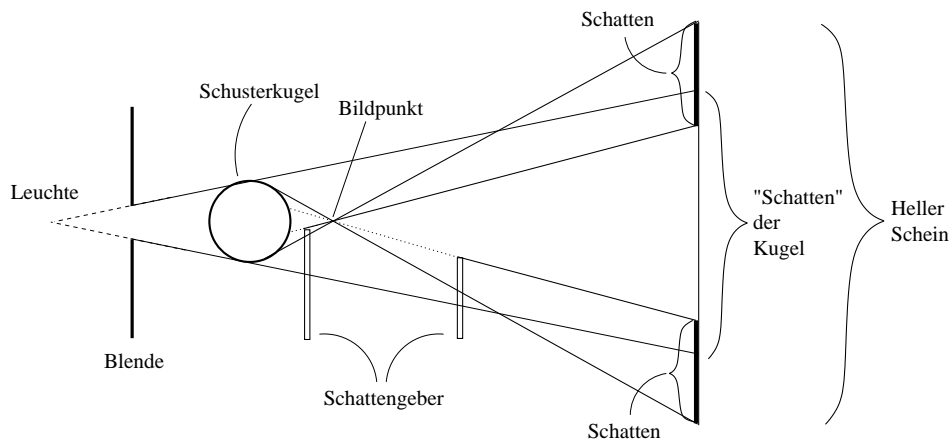


Abbildung 1: Schusterkugel

Um das beschriebene Phänomen zu verstehen, blenden wir den Schein der Lichtquelle soweit ab, dass nur die gefüllte Kugel beleuchtet wird. An der Wand sehen wir dann einen hellen Schein, welcher deutlich größer als das zuvor gesehene Schattenbild der Kugel ist. Bisher fiel er uns nicht auf, da er durch das Licht des Projektors überblendet wurde. Ein Schattengeber, eingebracht zwischen Kugel und Wand, erzeugt einen Schatten, der schnell wächst, wenn sich der Schattengeber der Kugel nähert. Befindet sich der Schattengeber an einem bestimmten Punkt, füllt der Schatten den ganzen Schein aus, um bei weiterer Annäherung wieder kleiner zu werden. Jetzt aber ist er kopfstehend und seitenverkehrt. Daraus schließen wir, dass die

Lichtwege hinter der Kugel gekreuzt sind (Abbildung 1 auf der vorherigen Seite). Die gefüllte Kugel zeigt also eine das Licht in einem Bildpunkt sammelnde Wirkung.

Betrachten wir nun die leere Kugel im abgeblendeten Lichtbündel, so sieht man, dass auch sie einen hellen Schein erzeugt. Das Bild eines eingebrachten Schattengebers ist aber nie umgekehrt, folglich können die Lichtwege nicht gekreuzt sein. Die leere Kugel hat zerstreuende Wirkung.

Beim erneuten Füllen zeigt sich im abgeblendeten Bündel, dass auch eine kleine Wassermenge schon einen Schatten bewirkt (Abbildung 2). Dieser liegt aber aufgrund der zerstreuenden Wirkung der leeren Kugel noch weit außerhalb des zu Beginn gesehenen Schattenbildes der Kugel.

Wir vergleichen also den Schatten des Wassers im Licht des Bildpunktes mit dem von der wirklichen Lichtquelle erzeugten Schatten der Kugel und sahen deshalb das zu Beginn geschilderte Phänomen.

Aus den Versuchen können wir als charakteristisches Merkmal für einen Körper mit Licht sammelnder Eigenschaft festhalten, dass er am Rand dünner als in der Mitte sein muss. Beim Vergleich mit Sammellinsen, wie sie in optischen Geräten benutzt werden, findet man dieses Merkmal wieder.

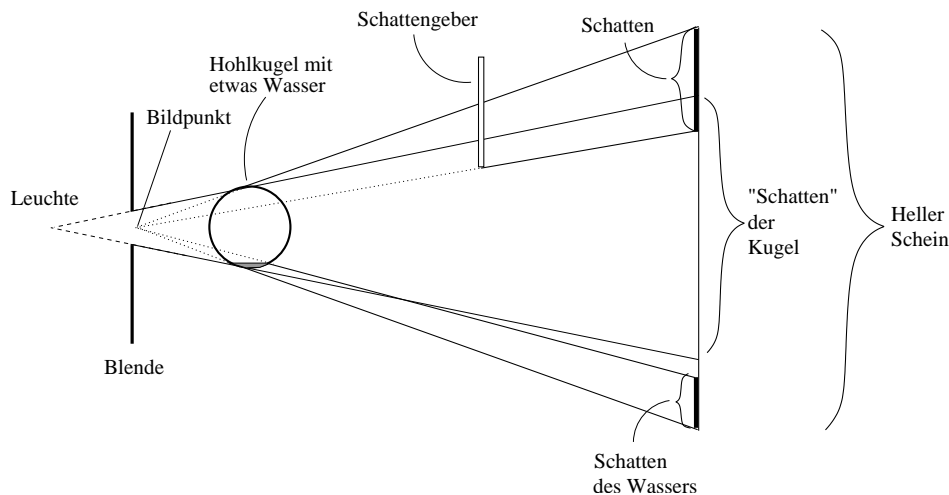


Abbildung 2: Hohlkugel mit etwas Wasser

Die zerstreuende Wirkung der leeren Kugel lässt sich mit Hilfe eines Modellexperimentes verstehen (Abbildung 3 auf der nächsten Seite). Lenkt man das Lichtbündel eines Lasers durch einen möglichst dickwandigen Standzylinder und verschiebt diesen quer zur Richtung des Lichtstrahls, so wandert der Lichtpunkt auf dem Schirm umso schneller, je näher man dem Rand des Zylinders kommt. Ein ähnliches Experiment, bei dem man den Lichtweg im dichten Medium direkt sehen kann, lässt sich mit einer sich zwischen zwei konzentrischen Glasroh-

ren befindenden Wasserschicht durchführen. Man kann das Ergebnis durch Berechnen des Lichtweges mit dem Brechungsgesetz bestätigen.

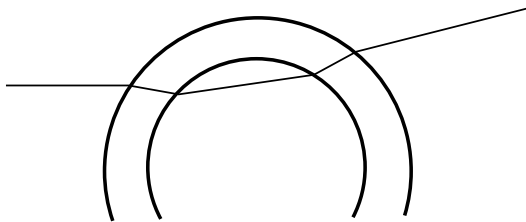


Abbildung 3: Lichtbündel eines Lasers im Durchgang durch einen dickwandigen Standzylinder

ist in der Mitte dünner als am Rand. Zur Weiterführung können wir uns Plankonvexlinsen als Abschnitte einer vollen Kugel vorstellen; Zerstreuungslinsen sind Abschnitte der leeren Kugel (Uhrgläser) oder bekommen ihre dann technisch genutzte Form.

Eine Hilfe zum Verständnis bietet das Fermatsche Prinzip. In einer sehr vereinfachten Form vergleicht man die Weglängen, die das Licht im Glas zurücklegt. Am Rand der leeren Kugel muss das Licht einen längeren Weg durch Glas gehen als in der Mitte. Dieses Ergebnis lässt sich als charakteristische Eigenschaft auch bei Konkavlinsen wiederfinden: Ein das Licht zerstreuer Körper

In der Schule wird die Linsenoptik behandelt, nachdem zuvor die Brechung an planparallelen Platten und Wasseroberflächen untersucht worden ist. Dabei wird anhand einiger ausgezeichnete Strahlen die Wirkung von Konkav- und Konvexlinsen bearbeitet, ohne dass den Schülern und Schülerinnen jedoch deutlich wird, warum gerade solche Körper verwendet werden. Nach unserer Meinung bieten hier die Experimente mit der Schusterkugel neben der entstehenden Motivation die Möglichkeit, die zerstreue und sammelnde Wirkung von Körpern einzuführen und somit phänomenorientiert in das Gebiet der Linsenoptik einzusteigen. Sich den Lichtdurchgang durch Körper, wie sie von uns verwendet wurden, zu betrachten, liegt nahe, denn sie kommen auch in der außerschulischen Welt vor; Gegenstände wie Vasen, Weingläser, Karaffen oder Rundkolben können für die Experimente benutzt werden.