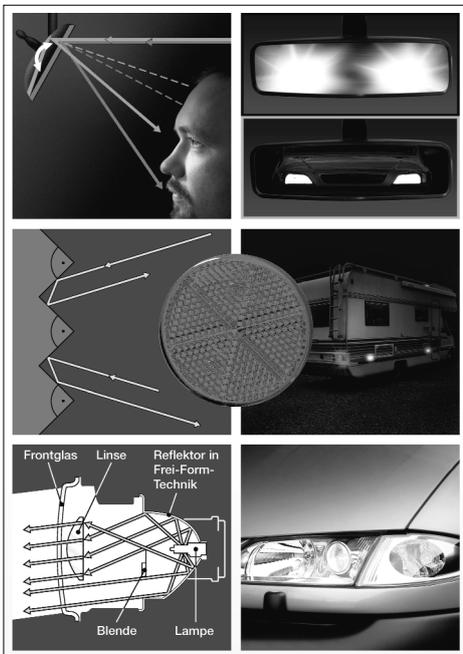


Transparent 1: Strahlenoptik



Einsatz des Transparents

Die Folie enthält zwei Anwendungsbeispiele zum *Reflexionsgesetz* am Beispiel von Kraftfahrzeugen.

Inhalt des Transparents

Das erste Beispiel bringt den standardmäßigen abblendbaren Innenspiegel, das zweite das Funktionsprinzip des Rückstrahlers oder eventueller seitlicher Reflektoren. Dieser Teil des Transparents kann kurz nach der Erarbeitung des Reflexionsgesetzes am ebenen Spiegel und ersten Erfahrungen damit im Unterricht eingesetzt werden. Diese Abbildungen sind nicht dafür konzipiert, als komplette Einheit einer motivierenden Hinführung zum Reflexionsgesetz zu dienen. Vorzugsweise sollen sie interessante Anwendungen eines Gesetzes an einem die Schüler interessierenden Beispiel aus ihrer Lebenswirklichkeit, dem Kraftfahrzeug, zeigen.

Der untere Teil des Transparents soll mehrere Wochen später im Unterricht eingesetzt werden. Hier geht es sowohl um die Reflexion an gekrümmten Flächen als auch um die Brechung mittels einer Sammellinse am Beispiel eines modernen Scheinwerfers. Der Einsatz dieses Teils bietet sich daher zum einen bei der Besprechung der Reflexion des Lichtes am „normalen“ Hohlspiegel (Kugelkalotte) an. Der Scheinwerfer zeigt die Überwindung der Nachteile dieser Grundversion. (Dabei kann die eingezeichnete Linse erst vernachlässigt werden. Bei Fragen der Schüler Verweis auf die den Schülern bekannte artverwandte Lichtbündelung beim Overhead-Projektor und auf die unmittelbar be-

vorstehende Behandlung des Themas „Linsen.“) Zum anderen lässt sich dieser Teil der Folie einsetzen, wenn etwas später die Sammellinse als Anwendungsbeispiel aus der Praxis behandelt wird.

Reflexion beim abblendbaren Rückspiegel

Oben rechts: Das obere Foto zeigt den den Schülern bekannten Effekt der Blendung durch ein nachfolgendes Auto bei einer Nachtfahrt. Das untere Bild zeigt das gleiche Auto nach Abblenden (Klappen) des Rückspiegels.

Oben links: Das Bild zeigt einen von hinten (im Bild: von rechts) einfallenden *Lichtstrahl*, der auf den Innenspiegel eines Kraftfahrzeuges trifft. Dieser Spiegel ist in der Version „*abgeklappt zum Schutz vor Blendung*“ dargestellt. Am Spiegel wird der einfallende Strahl sowohl an der verspiegelten Schicht im Innern des Spiegels als auch an der Glasoberfläche reflektiert. Derjenige der ausfallenden Strahlen, der an der eigentlichen verspiegelten Schicht reflektiert wird, hat die Helligkeit des einfallenden Lichtstrahls; er würde in der normalen Spiegelstellung „*nicht abgeklappt*“ das Auge des Fahrers treffen. Dies wäre die Standardsituation während einer Fahrt bei Tage. In der abgeklappten Stellung des Spiegels wird dieser hellere der beiden reflektierten Strahlen jedoch am Auge des Fahrers vorbeigeleitet. Statt dessen trifft nun der ausfallende Strahl, der an der gläsernen Oberfläche des Spiegels reflektiert wird, das Auge des Fahrers. Dieser Strahl hat nur einen Bruchteil der Intensität, so dass der Fahrer nicht geblendet wird. Erreicht wird dies durch eine kleine von der Parallelität abweichende Winkelstellung zwischen der verspiegelten Unterseite des Glaskörpers und seiner Oberseite.

Dieses allgemein bekannte Konstruktionsprinzip zeigt eine einfache, aber sehr schöne Anwendung des Reflexionsgesetzes. Zur Verdeutlichung sind im Bild zusätzlich die Lote dargestellt, um eine größere Nähe zu den aus dem Physikbuch bekannten Darstellungen zu gewährleisten. Es dürfte bei den meisten Schülern problemlos die Hausaufgabenstellung möglich sein, dieses Grundprinzip im heimischen Fahrzeug zu überprüfen. Achtung: Bei einigen Fahrzeugen wird der Spiegel nach oben geklappt, so dass der hellere der reflektierten Strahlen nach dem Klappen nicht nach unten, sondern nach oben über den Kopf des Fahrers hinweg gelenkt wird. Bei manchen neueren Fahrzeugen muss der Fahrer den Rückspiegel nicht mehr klappen/abblenden. Bei diesen Spiegeln wird durch elektrochemische Effekte die Reflexionswirkung des Spiegels automatisch verringert, wenn von hinten blendendes Licht einfällt.

Reflexion bei Rückstrahlern und Seitenstrahlern

Mitte links: Die hier angesprochenen Strahler (Volksmund: Katzenaugen) haben die Eigenschaft, in einem

beliebigen Winkel auftreffende Lichtstrahlen genau in die Richtung zurück zu reflektieren, aus der sie gekommen sind.

Erreicht wird dies durch eine in der Realität dreidimensionale, auf der Folie zur klareren Darstellung zweidimensional wiedergegebene Anordnung von spiegelnden Oberflächenstücken, die zueinander jeweils im rechten Winkel stehen. In einem weiten Bereich ($\pm 45^\circ$ gemessen zur Senkrechten) durchlaufen von der Seite auf eine solche Oberfläche auftreffende Lichtstrahlen an der Oberfläche eine zweimalige Reflexion. Sie werden insgesamt um 180 Grad abgelenkt und verlassen den Strahler in derselben Richtung, aus der sie eingefallen sind. Das mittlere Foto zeigt, dass solche Strahler in Wirklichkeit eine dreidimensionale **Reflektorfläche** haben.

In diesem Lehrerbegleittext wird mehrmals dazu angeregt, Kontakte zu Kfz-Werkstätten zu knüpfen. Unter anderem können dort interessante gebrauchte Teile aus Schrottfahrzeugen zur Anschauung im Unterricht beschafft werden. In diesem Fall bietet sich die Beschaffung eines gebrauchten Rückstrahlers oder einer sonstigen Strahlerfläche mit den gleichen Eigenschaften (Seitenpfosten der Landstraßen [Straßenmeisterei!], Fahrradrückstrahler) an.

Mitte rechts: Das Foto zeigt ein beeindruckendes Beispiel der Rück- und Seitenstrahler eines Wohnmobils. Beachtenswert ist, dass sowohl die seitlichen als auch die rückwärtigen Strahler in Richtung des Beobachters (Fahrzeug mit Scheinwerfern) reflektiert werden. Das zeigt, dass der Winkel, unter dem sie auf die Strahler auftreffen, ohne Bedeutung ist! Die Strahlen kehren in die Richtung zurück, aus der sie gekommen sind.

Eventuell bedarf es für eine Schülergruppe – je nach deren Äußerungen zum Bildinhalt – einer kurzen Klarstellung, dass der Rückstrahler kein eingeschaltetes Rück- oder Bremslicht ist.

Beispiel einer modernen Scheinwerferkonstruktion

Die hier dargestellte Scheinwerferkonstruktion zeigt gleich zwei Prinzipien moderner Lichttechnik am Fahrzeug.

Unten links: Statt der früher üblichen **Paraboloidform** der Reflektorfläche bei Scheinwerfern (als Ganzes oder in mehreren Teilen) finden sich im modernen Scheinwerfer mit Computerunterstützung gestaltete „Frei-Form-Flächen“ aus verspiegeltem Kunststoffmaterial als Reflektoren. Die Form dieser Flächen ist völlig frei zu gestalten. Dank Computerunterstützung ist so bei Designvorgaben des Scheinwerfers eine optimale Formgebung für eine optimale Lichtverteilung möglich.

Zum zweiten zeigt dieser Scheinwerfer eine Fortentwicklung des so genannten „**Ellipsoid-Reflektors**“. Diese Form war auch schon zur Zeit metallener Reflektorflächen herstellbar, allerdings mit streng ellipsoidförmigen Metallkörpern.

Ein solcher Ellipsoid hat **zwei** Brennpunkte. In einem dieser Brennpunkte befindet sich der Glühfaden (oder bei Weiterentwicklungen die helle Mitte der Xenon-Gasentladungslampen). Das von dort ausgehende Licht wird im zweiten Brennpunkt wieder vereinigt. Eine **Sammellinse** bildet diesen sehr hellen „Punkt“ nach

vorne auf der Fahrbahn ab. Dabei werden die zur Blendvermeidung geforderten Hell-Dunkel-Grenzen durch eine Blende im Scheinwerfer erreicht. Dieser Einsatz einer Sammellinse ähnelt stark dem Prinzip beim Diaprojektor.

Bei dem hier gezeigten Modell eines so genannten „**PES-Scheinwerfers**“ ist nun sowohl dieses Projektionsprinzip verwirklicht als auch die bewusst nicht regelmäßige ellipsoidartige Formgebung des zugehörigen Reflektors (**PES = Poly-Ellipsoid-Scheinwerfer**), die mit Computerunterstützung berechnet worden ist. Eine solche Konstruktion ermöglicht bei nur 28 cm² vorderer Austrittsfläche Lichtausbeuten wie bisher nur mit großflächigen Scheinwerfern. Dies ist für die Designmöglichkeiten der Autos wichtig.

Unten rechts: Das Foto zeigt als Realbild einen solchen Scheinwerfer. In der Mitte ist die Sammellinse deutlich zu erkennen. Der Scheinwerfer links davon ist ebenfalls eine Konstruktion mit Frei-Form-Flächen. Er hat keine Linse, sondern lenkt das Licht ausschließlich durch die computerberechneten Reflexionsflächen. Ein solcher Scheinwerfer braucht auch keine herkömmliche Streuscheibe, sondern kann mit einem klaren Frontglas versehen werden.

Vielen Schülern sind gewiss schon vergleichbare Scheinwerfertypen im Straßenbild aufgefallen. Deshalb werden sie den Vorteil der Frei-Form-Scheinwerfer schnell verstehen.

Kopiervorlage

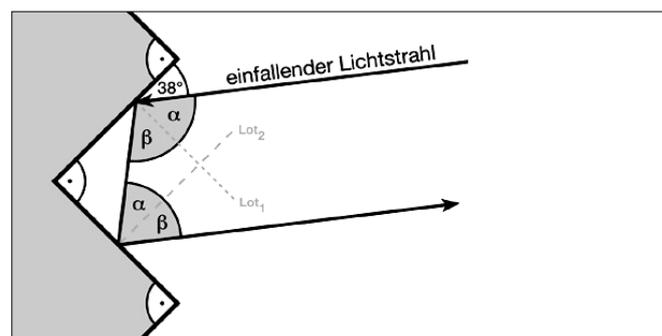
Kopiervorlage 1 nimmt unmittelbar Bezug auf **Transparent 1**. Sie enthält Aufgabenstellungen aus dem Gebiet der Strahlenoptik. In **Aufgabe 1** wird die Oberfläche eines Rückstrahlers, die auf der Folie fotografisch wiedergegeben ist, in einem Schnittbild dargestellt. Die Vergrößerung der Details wurde so gewählt, dass man die zweifache Reflexion, die ein einfallender Lichtstrahl erfährt, dort einzeichnen kann.

Lernziele

- Die Schüler sollen durch eigene praktische Arbeit (Zeichnen des Strahlenganges) ihre Kenntnisse über das Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel vertiefen.
- Sie sollen dieses Gesetz beim Zeichnen der Strahlen richtig anwenden können.
- Sie sollen den „Trick“ der Rückstrahler-Oberfläche besser verstehen und erklären können.

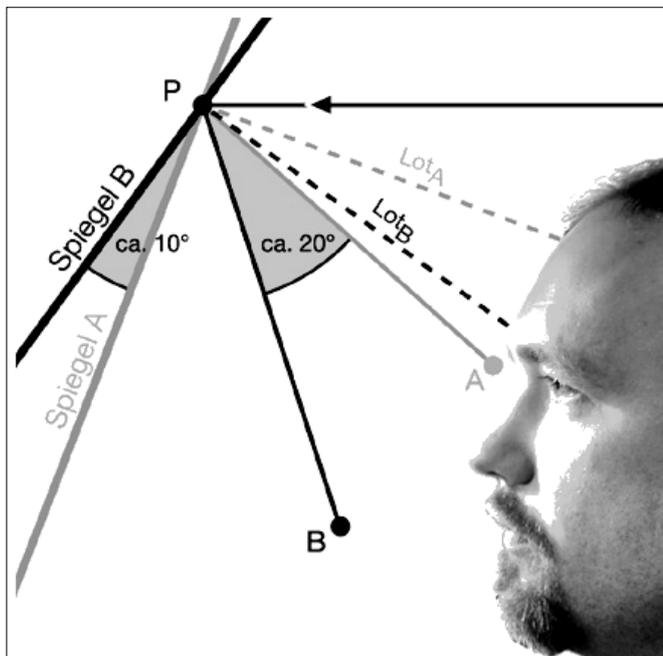
Lösung der Kopiervorlage

Lösung zu Aufgabe 1:



In **Aufgabe 2** wird die Zeichenaufgabe umgekehrt gestellt. Die Strahlengänge sind bekannt. Es soll passend dazu jeweils die Position des Spiegels ermittelt werden.

Lösung zu Aufgabe 2:



In **Aufgabe 3** werden die Lernerfahrungen aus den Aufgaben 1 und 2 vertieft.

Lösung zu Aufgabe 3:

Zu a): Der Schüler soll mit eigenen Worten den Sachverhalt formulieren, dass das Licht an der besonderen Rückstrahler-Oberfläche stets in seine Ausgangsrichtung zurück reflektiert wird.

Die Fragestellungen b), c) und d) bilden eine Einheit. Sie sind in logischer Folge aufeinander aufgebaut.

Zu b): Die Schüler werden aufgefordert, einen bestimmten Winkel in ihrer Zeichnung zu Aufgabe 2 nachzumessen. Die richtige Winkelgröße ist 20°.

Zu c): Die richtige Winkelgröße ist 10°. Hieraus ergibt sich die Vermutung, dass eine solche Halbierung des Winkels immer auftritt.

Die Antwort **zu d)** könnte also sinngemäß lauten:

„Dreht man den ebenen Spiegel, an dem ein Lichtstrahl reflektiert wird, um den Winkel α , so wird der reflektierte Strahl gegenüber der ursprünglichen Lage um 2α weiter abgelenkt.“ oder: „Will man bei der Reflexion eines Lichtstrahls an einem ebenen Spiegel erreichen, dass der reflektierte Strahl sich um den Winkel α weiter dreht, muss man den Spiegel um $\frac{1}{2} \alpha$ verdrehen.“

Die Kenntnis dieses Sachverhaltes, der auch in gängigen Physikbüchern thematisiert wird, ist ein weiteres Lernziel dieser Kopiervorlage.