

2 Optik



Kommentar

Täglich begegnen SuS viele optischen Erscheinungen. Sie reichen vom geblendet werden durch die Reflexion des Sonnenlichts an einer Autotür oder einem Fenster über die scheinbare Hebung eines Gegenstandes, der im Wasser liegt, bis hin zum Erleben eines Regenbogens. Ihre Ursachen haben die meisten Erscheinungen in der Reflexion und/oder in der Brechung des Lichtes.

Lösung der Einstiegsaufgabe

Durch die kleinen Wellen gibt es in Richtung zur Sonne überall auf der Meeresoberfläche viele kleine Bereiche, die das Licht der Sonne in unser Auge reflektieren. Bei ganz glatter Meeresoberfläche würde man nur an einer Stelle das Spiegelbild der Sonne sehen.

(S. 42) 1.2 Reflexion von Licht

Lernziele Die SuS entwickeln auf der Grundlage von Alltagserfahrungen und physikalischen Vorkenntnissen eigene Erklärungsansätze zur Reflexion des Lichts an Oberflächen, überprüfen diese anhand von Versuchen und erarbeiten das Reflexionsgesetz. Sie erkennen, dass es an allen Oberflächen zutrifft und unterscheiden zwischen diffuser und gerichteter Reflexion. Sie wissen, dass ein Teil des Lichts vom Material verschluckt wird.

Begriffe Ungerichtete Reflexion (Streuung), gerichtete Reflexion, Grenzfläche, Einfallswinkel, Reflexionswinkel, Reflexionsgesetz

Hinweise/Kommentar Mit Spiegelungen und anderen Reflexionsvorgängen sind die Schülerinnen und Schüler seit langem vertraut. Nun geht es darum, ihre Erfahrungen mit diesen Phänomenen auf grundlegende Eigenschaften der Lichtausbreitung an reflektierenden Grenzflächen zurückzuführen und sie formal-physikalisch zu beschreiben. Dabei sollen bei der Erarbeitung der Lerninhalte einfache, unmittelbar einleuchtende – auch für SuS leicht durchführbare – Versuche und bei ihrer Anwendung Alltagsbeobachtungen im Vordergrund stehen.

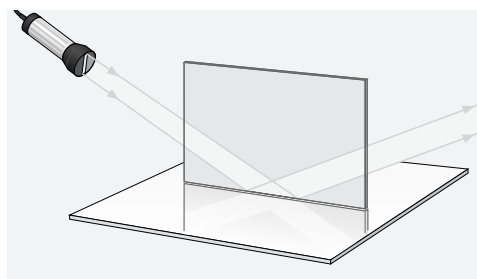
Einstieg Das starke Glänzen nur einzelner Scheiben einer Fensterfront gehört zur Alltagserfahrung und motiviert dazu, sich genauer mit verschiedenen Reflexionsvorgängen zu beschäftigen.



Versuche im Schulbuch

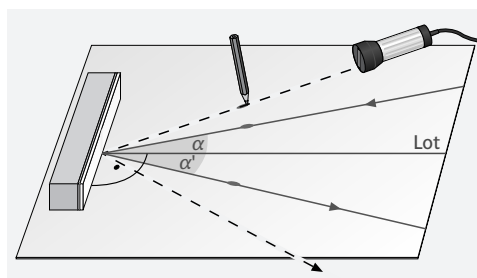
V1 Wir untersuchen, in welche Richtung ein Spiegel ein einfallendes Lichtbündel umlenkt. Auf dem Tisch liegt ein ebener Spiegel, auf den wir ein schmales Lichtbündel richten.

Es wird vom Spiegel reflektiert und trifft irgendwo auf die Wand. Senkrecht auf den Spiegel stellen wir eine helle Pappe so, dass das Lichtbündel die Pappe streift. Das reflektierte Lichtbündel streift ebenfalls die Pappe. Beide Lichtbündel verlaufen in einer Ebene senkrecht zum Spiegel.



V2 Auf ein Blatt Papier zeichnen wir eine Linie und dazu eine Senkrechte, ein Lot. Längs der Linie stellen wir einen kleinen ebenen Spiegel auf. Dann lassen wir ein schmales Lichtbündel streifend über das Blatt zum Fußpunkt des Lotes auf den Spiegel fallen. Auf dem Blatt kennzeichnen wir das einfallende und das reflektierte Lichtbündel und messen jeweils die Winkel der beiden Lichtbündel zum Lot.

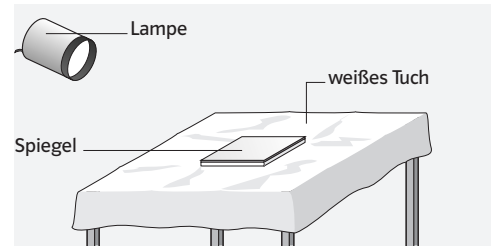
Der Reflexionswinkel α' des Lichtbündels ist stets gleich dem jeweiligen Einfallswinkel α .



V3 Ein Spiegel, ein Stück leicht zerknitterte Aluminiumfolie und ein weißes Blatt Papier liegen in einem abgedunkelten Raum und werden von der Seite mit einer Experimentierleuchte beleuchtet. Durch weitere Beispiele, z. B. Fahrradreflektoren, kann dieses Experiment ergänzt werden.

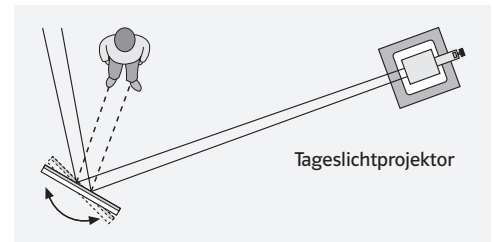


V4 Auf einem Tisch liegt ein weißes Tuch, auf dem Tuch liegt ein Spiegel. Im dunklen Raum wird langsam eine Leuchte hell geregelt. Der Spiegel bleibt schwarz. An der Decke entsteht ein heller Fleck.

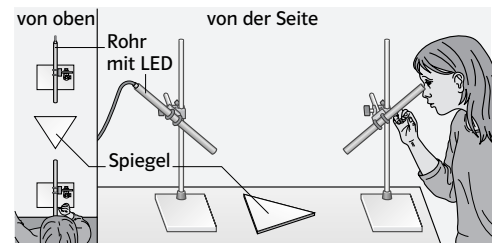


V5 Zwei Schüler blicken durch ein langes Papprohr auf einen Spiegel. Sie ändern den Winkel so lange, bis sie sich in die Augen sehen können. Die Papprohre veranschaulichen den Lichtweg.

V6 SuS sollen einen Spiegel so halten, dass sie die Lehrkraft mit dem Licht des Tageslichtprojektors blenden. In einer Skizze werden Lichtweg und Spiegelstellung festgehalten.



V7 Das linke Rohr im Bild enthält an einem Ende eine LED als Lichtquelle. Das Rohr ist auf einen Spiegel gerichtet. Man blicke durch ein zweites Rohr und versuche die Lichtquelle zu sehen. Es gelingt nur, wenn die Rohre so wie im Bild ausgerichtet sind. Von oben gesehen müssen die Rohre eine gerade Linie bilden. Wenn man beide Rohre vertauscht, sieht man das Licht auch.



Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Das Reflexionsgesetz
- Reflexion des Lichts
- Lichtwege bei der Reflexion

Kopiervorlagen Lernzirkel:

- Reflexion

Animationen/Simulationen:

- Reflexion am Spiegel

Lösungen der Aufgaben

A1 ☉ Die ungerichtete Reflexion durch Papier oder Schnee entsteht durch die mikroskopisch kleinen Unebenheiten ihrer Oberflächen. Sie wirken wie viele verschieden geneigte, winzige spiegelnde Flächen und reflektieren Licht in praktisch alle Richtungen. Das Reflexionsgesetz gilt auch da. Ein Teil des Lichts wird allerdings vom Material absorbiert.

A2 ● Das Licht der Lampen wird von Decke und Wand ungerichtet reflektiert und erfüllt so das Zimmer mit nahezu gleichmäßiger Helligkeit. Deswegen werden auch die Gegenstände im Zimmer aus allen Richtungen beleuchtet, sodass kaum Schatten entstehen.

(S. 44) 2.2 Spiegelbilder

Lernziele Die SuS formulieren auf der Grundlage von Alltagserfahrungen und physikalischen Vorkenntnissen eigene Vermutungen zur Entstehung von Spiegelbildern. Sie erklären Spiegelungen durch gerichtete Reflexion. Sie fertigen selbst Zeichnungen zur Veranschaulichung an.

Begriffe Gegenstand, Spiegelbild

Hinweise/Kommentar Die SuS sind mit Spiegelungen aus ihrem Alltag seit langem vertraut. Nun können sie mit Hilfe des Reflexionsgesetzes und dem Modell von der geradlinigen Ausbreitung des Lichts die Entstehung des Spiegelbildes nachvollziehen. Auch wie es zu den (scheinbaren) Vertauschungen kommt, wird einsichtig dargestellt. Nicht eingeführt werden an dieser Stelle die Begriffe virtuelles und reelles Bild.

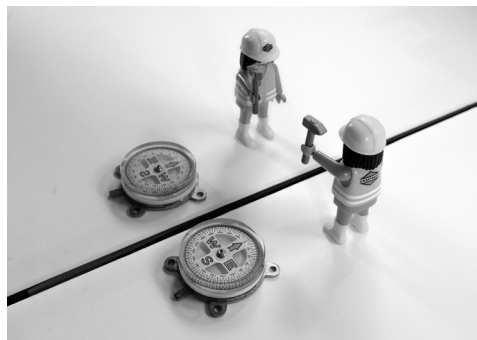
Einstieg Vor allem viele Schüler wissen, dass es nicht nur bei Strategie-Spielen darauf ankommt, die Konkurrenten über seine Absichten im Unklaren zu lassen. Der „Fehler“ des Pokerspielers ermöglicht einen unkonventionellen Einstieg in das Thema Spiegelungen.



Versuche im Schulbuch **V1** Mit Hilfe einer sauberen Glasscheibe lässt sich von einer Kerzenflamme ein Spiegelbild erzeugen. An die Stelle des Spiegelbildes wird ein Glas mit einer gleichen, nicht brennenden Kerze gestellt. Wird das Glas mit Wasser gefüllt, so sieht es aus, als würde die Kerze unter Wasser brennen. Der Abstand von brennender und nicht brennender Kerze zur Glasscheibe ist genau gleich.



V2 Stelle eine Spielzeugfigur vor einen Spiegel, der in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet ist. Bewege die Figur nach Norden und Süden sowie nach Osten und Westen und beobachte das Spiegelbild. Das Spiegelbild der Figur bewegt sich wie das Original nach Norden oder Süden. Wenn die Figur nach Osten bewegt wird, bewegt sich ihr Spiegelbild nach Westen und umgekehrt.



Weitere Versuche **V3** Mit selbst geschnittenen Buchstaben lassen sich Spiegelbilder beschreiben. Vorder- und Rückseiten der Buchstaben werden verschieden eingefärbt und vor einen ebenen Spiegel gestellt oder gelegt. Ort, Richtung, Farbe und Größe von Gegenstand und Spiegelbild werden verglichen. Ersetze den Spiegel durch eine Glasscheibe, um die Abstände zu messen.



Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Der Spiegel

Kopiervorlagen Lernzirkel:
– Eigenschaften von Spiegelbildern

Animationen/Simulationen:
– Entstehung von Spiegelbildern

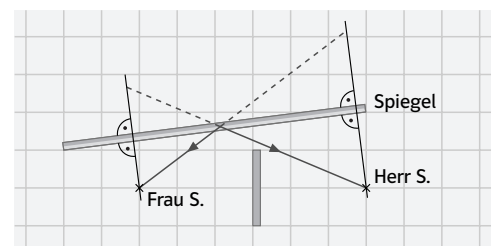
Lösungen der Aufgaben

A1 a) Betrachtet man einen ausgedehnten Körper als Zusammensetzung vieler punktförmiger Lichtquellen, so gelangen von ihnen ausgehende Lichtbündel dem Reflexionsgesetz entsprechend ins Auge. Aufgrund des Modells der geradlinigen Lichtausbreitung wird ein (virtuelles) Spiegel-Bild (hinter der Spiegelfläche) wahrgenommen.

b) Eigenschaften: Das Spiegelbild ist aufrecht, gleich groß, vom Spiegel gleich weit entfernt wie der Gegenstand, vorne und hinten sind vertauscht.

c) In der Konstruktion mit Hilfe des Lotverfahrens bleibt der Blickpunkt immer an derselben Stelle (Siehe B3 S.94 SB).

A2 Sie sehen ihre eigenen Spiegelbilder bzw. das der anderen Person an den mittels Lotverfahren konstruierten Orten scheinbar hinter dem Spiegel. Der Reflexionspunkt am Spiegel ist derselbe.



A3 Die in der Lösung der Beispielaufgabe bestimmte Lage der Punkte X und Y ist wegen des Reflexionsgesetzes (Einfallswinkel = Reflexionswinkel) vom Abstand der Person vom Spiegel völlig unabhängig. Die Größe und Lage des Spiegels hängen nur von Körpergröße und Augenhöhe der Person ab.

(S.46) **Methode** Experimentieren **Reflexion**

Lernziele SuS konstruieren Lichtwege bei Reflexion an ebenen Spiegeln und messen dabei Winkel bzw. Bündeldurchmesser. Sie lösen ein Problem durch Anwendung des Reflexionsgesetzes. Sie deuten Beobachtungen bei gerichteter und ungerichteter Reflexion.

Begriffe Reflexion, Lichtbündel, Bündeldurchmesser, Lichtweg,

Hinweise/Kommentar Aspekte der Reflexion werden in vier Stationen thematisiert. Verknüpfungen der Reflexion mit Erkenntnissen der Lichtausbreitung, der Vorhersage von Lichtwegen und der Untersuchung der gerichteten und ungerichteten Reflexion dienen vornehmlich der Festigung, die Station Lichtzeiger vertieft das Verständnis des Reflexionsgesetzes.

Material Kopiervorlagen Lernzirkel:
– Reflexion

(S.47)

Methode Experimentieren

Eigenschaften von Spiegelbildern

Lernziele SuS führen einfache Experimente nach Anleitung durch und dokumentieren ihre Ergebnisse.

Begriffe keine neuen physikalischen, Abblendspiegel

Hinweise/Kommentar An den Stationen I und II werden die Eigenschaften des Spiegelbildes (Abstand, Größe, aufrecht, ...) untersucht. Die Verwendung der Glasscheibe in Station I ermöglicht ein „Eingreifen in die Spiegelwelt“. Alternativ lassen sich Aussagen zur Größe des Spiegelbildes auch mit Hilfe von parallelen Peillinien gewinnen. An den Stationen III und IV werden technische Anwendungen untersucht. Die Eigenschaft der Glasscheibe einen (kleinen) Teil des Lichtes zu reflektieren und den anderen (größeren) Teil hindurchzulassen wird beim heute meist noch üblichen Abblendspiegel im Auto genutzt: an der vorderen Glasscheibe wird ein kleiner Teil des eintreffenden Lichtbündels reflektiert während der größere Teil zum hinteren Spiegel durchgelassen wird und erst dort reflektiert wird. Je nach Kippstellung des Spiegels gelangt entweder der größere Teil des Lichtbündels über die Reflexion am hinteren Spiegel ins Auge des Beobachters oder aber der kleinere Teil über die Reflexion an der vorderen Glasscheibe. (Hinweis: moderne Abblendspiegel funktionieren auf andere Weise – sie werden elektrisch abgedunkelt.)

Material Kopiervorlagen Lernzirkel:
– Eigenschaften von Spiegelbildern

(S. 48) 2.3 Die Brechung des Lichts

Lernziele Die SuS formulieren auf der Grundlage eigener Erfahrungen und physikalischer Vorkenntnisse Vermutungen zum optischen Phänomen der Brechung an Grenzflächen durchsichtiger Stoffe und erkennen Regeln beim Übergang des Lichts durch Grenzflächen zwischen einigen bekannten Stoffen mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften.

Begriffe Brechungswinkel, Brechung, optisch dünner, optisch dichter, Brechungsgesetz

Hinweise/Kommentar Brechungsphänomene sind im Alltag der SuS oft schwer als solche zu erkennen und lassen sich mit ihrem bisherigen Wissen auch nicht einfach erklären. Durch gut verständliche, unschwer nachvollziehbare und beeindruckende, selbst durchführbare Versuche im Unterricht und den Abbildungen überraschender, Interesse weckender Beobachtungen im Schülerband sollen die Lerninhalte zur Brechung des Lichts an Grenzflächen durchsichtiger Stoffe erarbeitet und angewendet werden. Die Dispersion wird nicht thematisiert.

Einstieg Das verblüffende Foto des „geteilten“ Pinguins motiviert die SuS, sich näher mit dem Phänomen der Brechung zu befassen, auch wenn eine solche Beobachtung nur unter günstigen Umständen selbst gemacht werden kann.

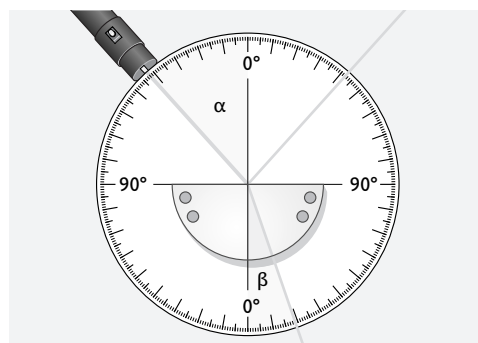


Versuche im Schulbuch

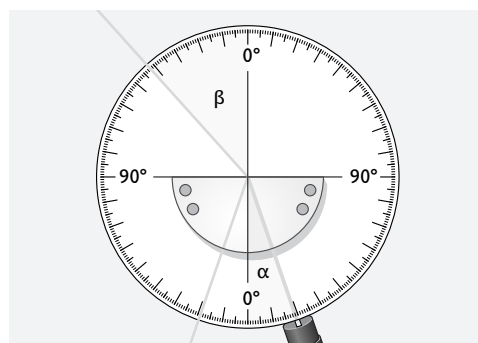
V1 Licht gelangt zunächst aus der Luft kommend in den Halbrundglaskörper. Der Einfallswinkel α wird langsam vergrößert, der jeweilige Brechungswinkel β abgelesen:

α	0°	15°	30°	45°	60°	75°
β	0°	10°	20°	30°	35°	41°

Die Messung zeigt: Der Brechungswinkel ist stets kleiner als der Einfallswinkel. Das Lichtbündel wird zum Lot hin gebrochen.

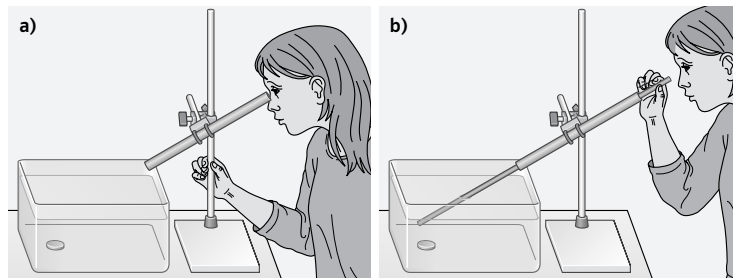


V2 Die Lampe wird nach rechts unten gebracht. Licht gelangt ohne Richtungsänderung in den Halbrundglaskörper, da es senkrecht auf die gekrümmte Grenzfläche trifft. Erst beim Übergang von Glas in Luft erfolgt die Brechung. Der Brechungswinkel ist stets größer als der Einfallswinkel. Das Lichtbündel wird vom Lot weg gebrochen.

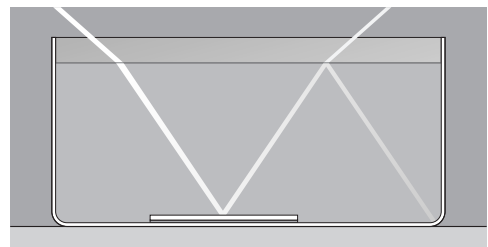


Weitere Versuche

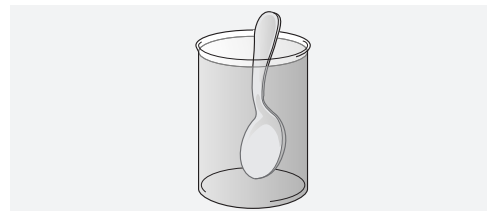
V3 Auf dem Boden einer mit Wasser gefüllten Glaswanne liegt eine Münze. Durch ein Rohr kann man auf die Münze blicken. Schiebt man eine Stricknadel durch das Rohr, so trifft sie die Münze nicht. Ein Lichtbündel, das durch das Rohr geht, beleuchtet dagegen die Münze. Von der Seite sieht man einen Knick des Lichtbündels an der Wasseroberfläche. Der Versuch wird ohne Wasser in der Wanne wiederholt.



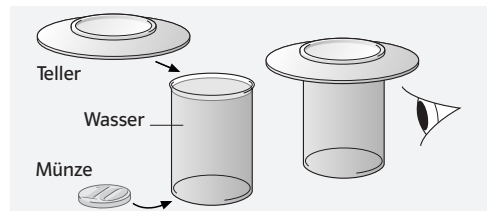
V4 Lege einen Spiegel in eine leere Glaswanne und richte ein Lichtbündel schräg auf ihn. Gieße dann langsam leicht gefärbtes Wasser in die Wanne und beobachte den Lichtweg.



V5 Fülle ein Glas ganz mit Wasser, halte einen Löffel senkrecht hinein und blicke nun flach über den Rand des Glases. Der Löffel erscheint verkürzt.



V6 Decke ein mit Wasser gefülltes Glas mit einem Teller zu und stelle es auf eine Münze. Blickt man von der Seite auf das Glas, so sieht man die Münze. Hebt man den Kopf und blickt schräg von oben durch das Glas, so ist sie verschwunden.



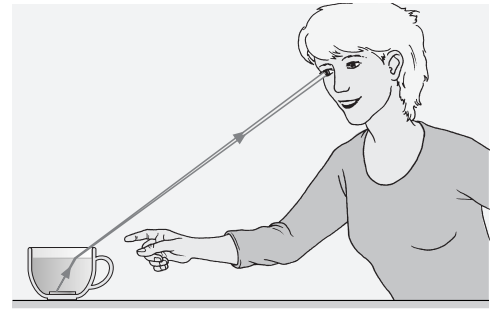
Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Brechung des Lichts

Animationen/Simulationen:
– Brechung und Totalreflexion

Lösungen der Aufgaben

A1 ☹ Vom Fisch ausgehende Lichtbündel werden an der Wasseroberfläche vom Lot weg gebrochen. Deshalb muss der Jäger unter die Stelle zielen, an der er den Fisch sieht. Wie weit hängt dabei von den jeweiligen Positionen von Fisch und Jäger zur Wasseroberfläche ab und erfordert viel Erfahrung.

A2 ☉ Ist Wasser in der Tasse, gelangen von der Münze ausgehende Lichtbündel ins Auge, die man ohne Wasser nicht sehen würde, denn aus dem Wasser kommende Lichtbündel werden an der Grenzfläche vom Lot weg gebrochen. So kann man den Tassenboden auch ohne gerade Sichtverbindung sehen.



A3 ● Beim Übergang Luft → Glas wird ein vom Stift kommendes Lichtbündel am Auftreffpunkt zum Lot hin gebrochen. Der Brechungswinkel β_1 ist kleiner als der Einfallswinkel α_1 . Die Grenzfläche Glas → Luft erreicht das Licht wegen der parallelen Flächen unter dem Einfallswinkel $\alpha_2 = \beta_1$. Deshalb ist der Brechungswinkel β_2 beim Verlassen des Glases vom Lot weg genauso groß wie der Winkel α_1 . Auch aus der Umkehrbarkeit des Lichtweges ergibt sich $\beta_2 = \alpha_1$. Die Richtung des Lichtweges beim Austritt nach dem Passieren der Glasplatte ist somit die gleiche wie beim Eintritt – der Lichtbündel wird nur parallel verschoben und so erscheint uns auch das Stück des Stiftes hinter der Platte verschoben.

(S. 50)

Methode Dokumentieren **Das schreibe ich mir auf**

Lernziele SuS protokollieren ein Experiment mit Messungen. Sie verwenden dafür Textverarbeitungs- und Tabellenkalkulationsprogramme.

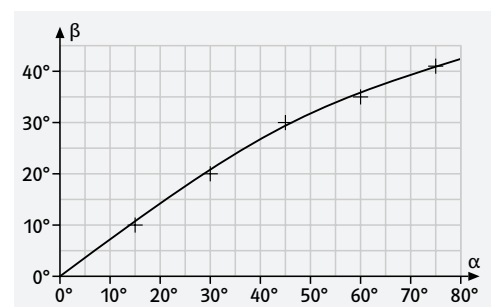
Begriffe Diagramm

Hinweise/Kommentar Das Anfertigen eines sachgerechten Protokolls gehört zu den grundlegenden prozessbezogenen Kompetenzen im Physikunterricht. Deswegen tauchen darauf bezogene Seiten im Buch mehrfach auf. Die Seite 16 wiederholt wesentliche Aussagen, die sich schon im Band 5/6 auf Seite 8 finden. Neu ist, dass im Experiment ein funktionaler Zusammenhang zwischen Messgrößen in den Blick genommen wird. Die Interpretation der Messtabelle als Wertetabelle führt in die Mathematik. Es ist wichtig, sich über die dort verwendete Terminologie und Verfahrensweisen zu informieren und sie mit den Erfordernissen im Physikunterricht abzugleichen. Dazu gehört das Zeichnen eines Graphen bei streuenden Messpunkten. Auf den Begriff Ausgleichskurve wird hier zunächst noch verzichtet. Hier können die verschiedenen Darstellungsformen vorgestellt (Kurven-/Balkendiagramm) und die Maßstabsproblematik diskutiert werden.

Lösungen der Aufgaben

A1 ☉ Man zeichnet ein rechtwinkliges Koordinatensystem und ordnet jeder Achse eine der Messgrößen zu. Man wählt die Einheiten auf beiden Achsen so, dass der größte Messwert noch erfasst wird und das gesamte Koordinatensystem in den verfügbaren Platz passt. Man deutet die Paare zusammengehöriger Messwerte als Punktkoordinaten und trägt die Messpunkte ins Koordinatensystem ein. Man zeichnet eine glatte Kurve (d.h. ohne Knick) durch die Menge der Messpunkte.

A2 ☉ Man zeichnet parallel zu beiden Achsen „Ableselinien“ durch den Punkt, für den man Werte ermitteln will. Die Werte liest man in den Schnittpunkten der Linien mit den Koordinatenachsen ab. Vorhandene Gitterlinien im Koordinatensystem können die Ableselinien ersetzen.



Lernziele SuS erklären einen beobachteten Sachverhalt.

Begriffe Keine neuen

Hinweise/Kommentar „Erklären“ ist einer der häufigsten Operatoren bei der Formulierung physikalischer Aufgaben. An einem Beispiel wird der Ablauf „Erklärungsbedarf erkennen $\Rightarrow$ Wissen aktivieren $\Rightarrow$ Wissen verknüpfen $\Rightarrow$ Ergebnis formulieren“ verdeutlicht und bewusst gemacht. Die gehobenen Teile lassen sich auch als Bilder deuten. Damit sind Beziehungen zum Spiegel möglich.

Lösungen der Aufgaben **A1** ☐ Bei senkrechter Blickrichtung trifft das Licht, das vom Stift ausgehend das Auge erreicht, senkrecht auf die Grenzfläche Luft-Glas bzw. Glas-Luft. Es gibt deswegen keinen Knick im Lichtweg. Die gerade Sichtverbindung und der Lichtweg stimmen überein. Der Stift wird an dem Ort wahrgenommen, an dem er sich befindet.

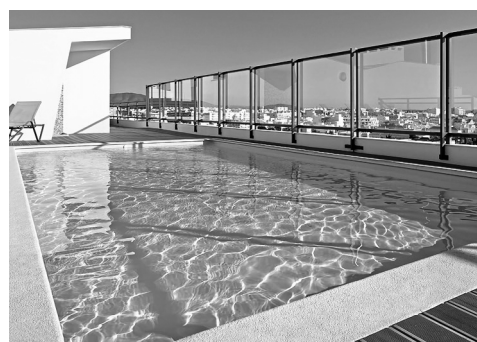
(S. 52) 2.4 Optische Linsen

Lernziele Die SuS untersuchen den Durchgang von Licht durch verschiedene Formen von Glaslinsen und formulieren auf der Grundlage ihrer Beobachtungen qualitative Aussagen über die Zusammenhänge zwischen Linsenformen und den Veränderungen des Lichtwegs. Dabei lernen sie die entsprechenden optischen Grundbegriffe kennen. Sie vermuten aufgrund ihrer physikalischen Vorkenntnisse, dass die Brechung des Lichts beim Passieren der Grenzflächen für die Auswirkungen auf den Lichtweg verantwortlich ist.

Begriffe Optische Linse, Sammellinse, Brennpunkt, optische Achse, Brennweite f , Zerstreuungslinse.

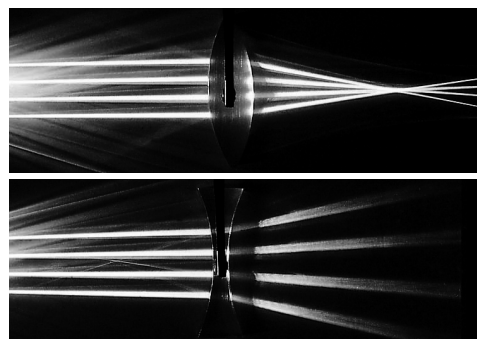
Hinweise/Kommentar Die meisten SuS wissen zwar, dass in Brillen und anderen optischen Geräten wie Ferngläsern und Beamern, aber auch in Handykameras optische Linsen enthalten sind, die wenigsten können aber ihre Funktion genauer beschreiben. Durch unmittelbare Erfahrungen im Unterricht können sie diese erschließen und durch die Anwendung von Vorkenntnissen die physikalischen Ursachen für das Bündeln/Zerstreuen von Licht benennen. Beim Experimentieren mit Sonne und Brennglas ist auf die Sicherheit zu achten.

Einstieg Veränderliche Lichtmuster am Boden eines Schwimmbeckens gehören zur Alltagserfahrung und motivieren dazu, sich genauer mit ihrer Entstehung zu beschäftigen. Dass Wellenbewegung und Brechung dabei eine Rolle spielen, vermuten die Schüler schnell. Dabei ist die Brechung des vom Boden reflektierten Lichts an der Oberfläche für das betrachtete Phänomen nicht entscheidend wichtig und braucht nicht genauer thematisiert zu werden.

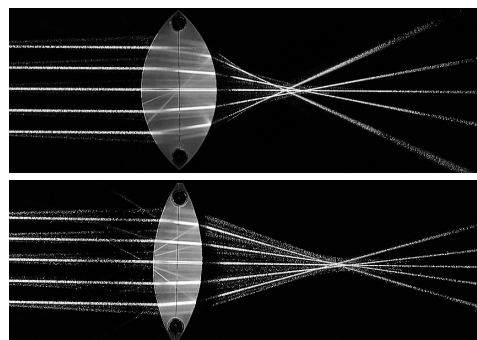


Versuche im Schulbuch

V1 Mit Hilfe einer Optikleuchte werden mehrere parallele schmale Lichtbündel erzeugt. Wir lassen die Lichtbündel auf verschieden geformte Glaslinsen treffen. Ist die Linse in der Mitte dicker als am Rand, wird das Licht hinter ihr gebündelt. Ist sie an den Rändern dicker als in der Mitte, laufen die Lichtbündel hinter ihr auseinander.

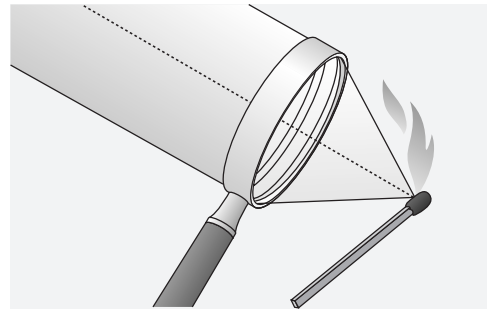


V2 Wir wiederholen V1 mit verschiedenen dicken Sammellinsen. Der Brennpunkt einer dicken Sammellinse liegt näher hinter der Linse als der einer dünneren. Bei der dicken Linse verlaufen die Lichtbündel nicht genau durch einen Punkt.

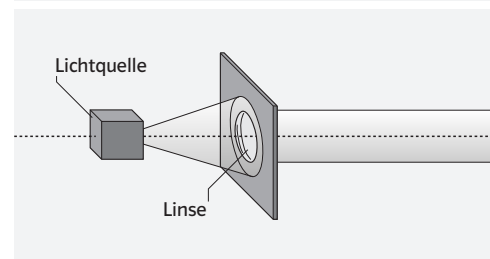
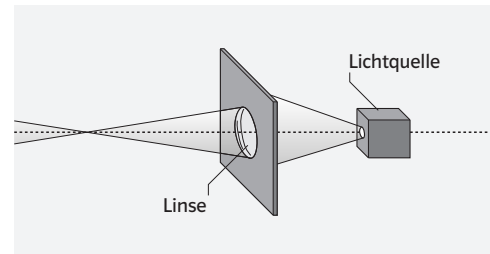
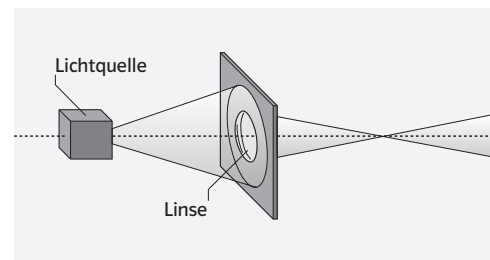


Weitere Versuche

V3 Sonnenlicht wird durch eine Linse auf ein Blatt Papier gelenkt. Der Lichtfleck zeigt bei unterschiedlichen Abständen zwischen Linse und Papier unterschiedliche Größen. In einem bestimmten Abstand zwischen Linse und Papier entsteht ein sehr kleiner, heller Fleck. Ein Streichholz lässt sich auf diese Weise leicht entzünden.



V4 Die divergierenden Lichtstrahlen einer punktförmigen Lichtquelle werden von der Linse umgelenkt, sodass sie sich in einem Punkt auf der anderen Seite schneiden. Stellt man die Lichtquelle an diesen Punkt, so wird das Licht genau dort gesammelt, wo sich die Lichtquelle zuerst befand. Wird die Lichtquelle verschoben, so verschiebt sich auch die Lage des Schnittpunktes hinter der Linse. Bei einer bestimmten Entfernung der Lichtquelle von der Linse verläuft das Licht hinter der Linse parallel.



Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Optische Linsen

Animationen/Simulationen:
– Strahlengang bei Linsen

Lösungen der Aufgaben **A1** ○ a), d), e) Sammellinsen; b), c) Zerstreuungslinsen

A2 ○ a), c), d) Sammellinsen, weil das Licht gebündelt wird; b) Zerstreuungslinse

A3 ● **a)** und **b)** Die beiden Linsen der Brille auf der linken Abbildung bündeln das Licht wie eine Lupe. Dadurch entstehen die hellen Bereiche. Es handelt sich um Sammellinsen. Die Linsen der rechten Brille zerstreuen das Licht. Dadurch entstehen die dunklen Bereiche umgeben jeweils von einem helleren Bereich. Es sind Zerstreuungslinsen.
c) Die Linse kann unter (das parallele Lichtbündel) einer Deckenlampe über einem Tisch gehalten werden. Nun verändert man die Höhe der Linse bis das Licht in einem Punkt fokussiert ist. Der Abstand zwischen Linse und Tisch ist die Brennweite.

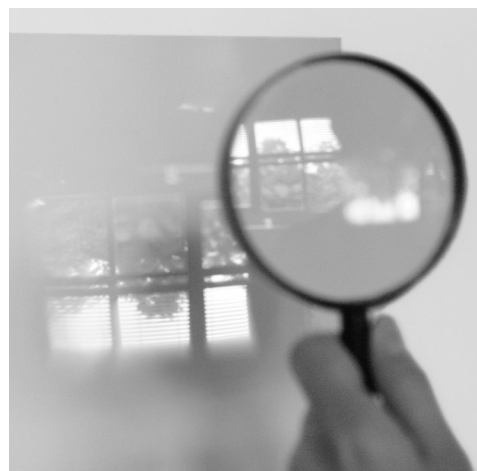
(S. 54) 2.5 Abbildung durch Sammellinsen

Lernziele Die SuS untersuchen unter Anleitung die Abbildung durch eine Sammellinse und benennen die Eigenschaften von mit Sammellinsen erzeugter Bilder. Sie erkennen, dass die Brechung an den Grenzflächen für die Bildentstehung verantwortlich ist. Sie machen halbquantitative Aussagen über Zusammenhänge zwischen den dabei relevanten Größen. Beim Experimentieren in der Optik befolgen sie die vorgegebenen Sicherheitshinweise.

Begriffe Bildweite, Gegenstandsweite, seitenverkehrt, oben und unten vertauscht, vergrößertes/verkleinertes Bild

Hinweise/Kommentar Bei der Abbildung durch Sammellinsen soll in erster Linie Grundwissen vermittelt werden. Linsen-/Abbildungs-Gleichung und geometrische Bildkonstruktion mittels Parallel-, Mittelpunkt-, und Brennpunktstrahlen werden nicht behandelt. Interessierte können im Exkurs „Erzeugung scharfer Bilder mit Sammellinsen“ dazu Genaueres erfahren. Durch Vergleich mit dem Spiegelbild wie im Einstiegsszenario können die Eigenschaften „tatsächlich vorhandenes, mit einer Mattscheibe darstellbares“ (reelles) und „scheinbares, nicht darstellbares“ (virtuelles) Bild thematisiert werden, die als Begriffe aber nicht eingeführt werden sollen. Da es die SuS durchaus interessiert, wie ein Mikroskop aufgebaut ist, das sie schon im Biologie-Unterricht kennen gelernt haben, oder ein Fernrohr, empfiehlt es sich, dies entsprechend V8 und V9 zu demonstrieren, ohne auf die Bildentstehung genauer einzugehen. Dass beim Mikroskop mit dem Okular wie mit einer Lupe das vom Objektiv entworfene Zwischenbild betrachtet wird, wurde im Biologie-Unterricht vielleicht schon erwähnt. Auch beim Exkurs „Korrektur von Fehlsichtigkeit“ und beim Exkurs „Vergleich Auge-Fotoapparat“ ergeben sich Anknüpfungspunkte mit bekannten Inhalten aus der Biologie. Für einfache Schülerexperimente und an der Entstehung von Abbildungen Interessierte werden Experimentiervorschläge und weitere Exkurse angeboten und empfohlen.

Einstieg Dieser einfache Einstiegsversuch kann im etwas abgedunkelten Klassenzimmer leicht gezeigt werden und führt sofort zu den wichtigen Eigenschaften eines von Sammellinsen erzeugten Bildes: es ist nur an einer Stelle hinter der Linse scharf, es ist seitenverkehrt und steht auf dem Kopf. Dies kann verglichen werden mit dem Spiegelbild, dessen Eigenschaften die SuS schon kennen und das hier durch Reflexion eines Teils des Lichts an der gekrümmten Linsenoberfläche entsteht und etwas verzerrt ist. Im Gegensatz zum Spiegelbild ist das durch eine Sammellinse entworfene Bild auch tatsächlich dort vorhanden, wo man es sieht.



Versuche im Schulbuch

V1 Mit einer Sammellinse erzeugen wir das Bild einer brennenden Kerze auf einem Schirm. Steht sie weit vor der Linse, entsteht ihr scharfes Bild stark verkleinert nah hinter der Linse. Verringern wir den Abstand, wird das Bild größer und entsteht weiter weg hinter der Linse.

Bei einem bestimmten Abstand ist das scharfe Bild gleich groß und genauso weit von der Linse entfernt wie die Kerze. Verkürzen wir den Abstand zur Linse weiter, entsteht ein vergrößertes Bild in größerer Entfernung hinter der Linse.

Bei zu geringem Abstand können wir nirgendwo mehr mit dem Schirm ein Bild der Kerze auffangen.

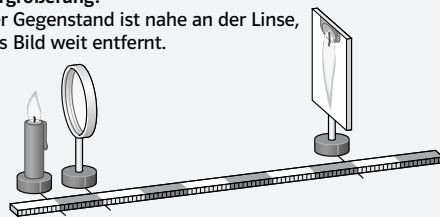
Verkleinerung:

Der Gegenstand ist weit von der Linse entfernt, das Bild nahe daran.



Vergrößerung:

Der Gegenstand ist nahe an der Linse, das Bild weit entfernt.



V2 Mit einer Linse bilden wir einen hellen großen Gegenstand, z.B. das Fenster des Klassenraums, scharf auf einem Schirm ab. Wir decken die obere Hälfte der Linse mit einer Pappe ab.

Das Bild des Gegenstands bleibt in seiner Größe unverändert. Es wird nur dunkler.

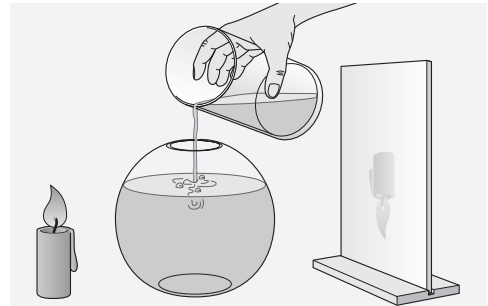
Weitere Versuche

V3 Man stellt ein kugelförmiges Glasgefäß zwischen eine brennende Kerze und einen Schirm. Dann füllt man langsam Wasser in das Gefäß.

Auf dem Schirm wird ein Bild der Kerzenflamme immer deutlicher erkennbar. Wiederholt man den Versuch mit einer rechteckigen Glaswanne anstelle der Glaskugel, so erscheint kein Bild der Flamme auf dem Schirm.

Ob ein Bild entsteht, hängt sowohl von der Form des Gefäßes ab, als auch vom Stoff, mit dem das Gefäß gefüllt ist.

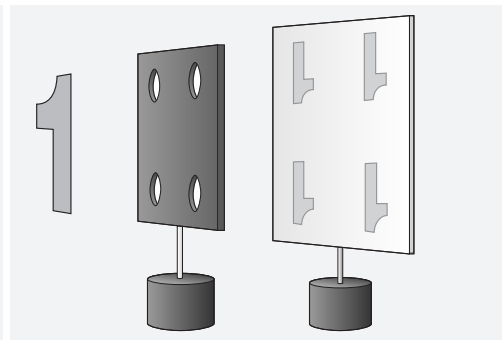
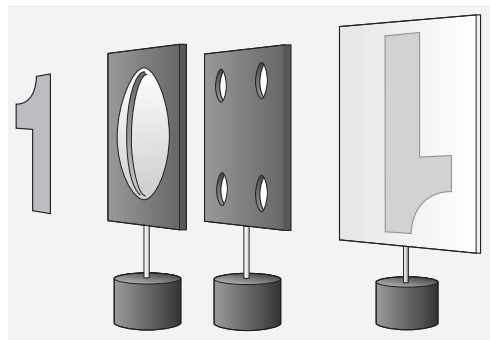
Bei der Kugel sind es die Kugelhappen, die die Wirkung der Linse hervorrufen. Der Mittelteil wirkt wie eine planparallele Platte und versetzt Lichtstrahlen nur parallel zueinander.



V4 Vergleich: Lochkamera – Linsenabbildungen:

Mit einer Sammellinse wird ein Gegenstand deutlich auf einem Schirm abgebildet. Unmittelbar vor oder hinter der Linse wird eine Blende mit vier Öffnungen angebracht. Anschließend wird die Linse entfernt.

Statt einem sieht man jetzt vier Bilder.



V5 Zylinderlinsen kehren je nach Ausrichtung nur die Seite oder das Aufrechte um. Symmetrische Buchstaben erscheinen daher nicht gedreht.

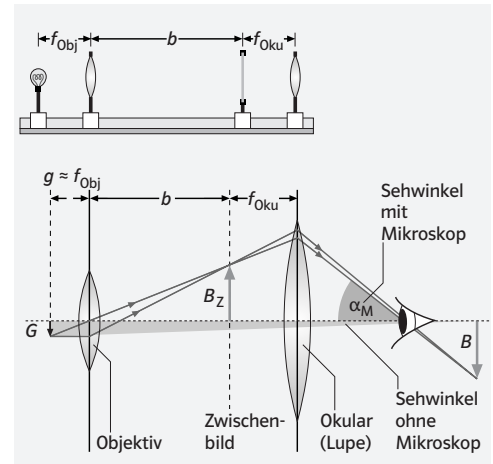
ICH KOCHTE DIE NUDELN GAR

ICH KOCHTE DIE NUDELN GAR

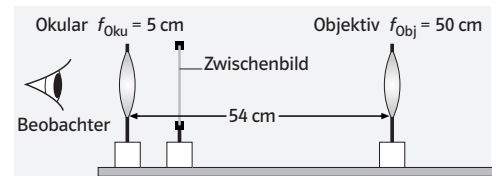
V6 (Schülerversuch) Bilder mit Wassertropfen-Linsen erzeugen: Tauche dazu den Deckstreifen eines Schnellhefters schräg in Wasser, sodass beim Herausheben in einer Lochung ein Wassertropfen hängen bleibt. Betrachte von oben durch den Tropfen Buchstaben oder Gegenstände unterhalb von ihm. Beschreibe, wie das Bild im Vergleich zum Gegenstand aussieht. Schätze die Brennweite deiner Wasserlinse ab.

V7 (Schülerversuch) Man hält eine Lupe (Klassensatz aus der Biologiesammlung) dicht vor das Auge und nähert sich einer farbigen Abbildung im Schülerbuch soweit, bis scharf zu sehen ist, dass das Bild aus einzelnen winzigen Farbpunkten zusammengesetzt ist.

V8 Demonstrationsversuch Mikroskop:
Auf einer optischen Bank wird ein Mikroskop aufgebaut. Als Objekt wird die Glühwendel einer kleinen Lampe genommen. Mit einer Sammellinse der Brennweite $f_{\text{Obj}} = 5 \text{ cm}$ wird ein reelles, deutlich vergrößertes Bild der Glühwendel auf einem durchscheinenden Schirm erzeugt. Es entsteht z. B. in $b = 50 \text{ cm}$ Entfernung von der Linse.
Mit einer weiteren Sammellinse der Brennweite f_{Oku} als Lupe kann das Bild betrachtet werden. Dazu wird die Lupe so aufgestellt, dass sich das Bild der Glühwendel in ihrer Brennebene befindet. Das Bild bleibt erhalten, wenn der durchscheinende Schirm entfernt wird. Es wird dann noch klarer.



V9 Demonstrationsversuch Fernrohr:
Mit zwei Linsen wird ein Fernrohr gebaut ($f_1 = 50 \text{ cm}$, $f_2 = 5 \text{ cm}$ bzw. 10 cm). Mit diesem Fernrohr lassen sich einzelne Blätter an ca. 100 m entfernten Bäumen beobachten.



Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Linsenabbildungen

Animationen/Simulationen:
– Sammel- und Zerstreungslinse

Lösungen der Aufgaben

A1 ☹ Das Bild ist seitenverkehrt, oben und unten sind vertauscht. Der Wasserkörper im Glas ist so geformt, dass er wie eine Sammellinse wirkt. Vergleiche mit B3 S. 38 SB. (Die Brechung an den Glaswänden spielt für die Bildentstehung keine Rolle.) Das Bild entsteht auch ohne Mattscheibe im Raum schwebend, die Linse des Fotoapparats / unsere Augenlinse bildet es auf eine Schicht von Lichtsensoren bzw. auf die Netzhaut ab.

(S. 56) **Methode** Experimentieren **Erzeugung scharfer Bilder mit Sammellinsen**

Lernziele SuS führen einfache Experimente nach Anleitung durch und beschreiben die Ergebnisse sachgerecht.

Begriffe Bildweite, Gegenstandsweite, reelles Bild, virtuelles Bild, Lupe

Hinweise/Kommentar Eine geometrische Konstruktion der Bilder an Sammellinsen geht weit über die Anforderungen des Curriculums hinaus und wird daher im Schulbuch nicht gezeigt. Der Exkurs geht aber über die rein qualitative Betrachtung in der Lerneinheit „Abbildung durch Sammellinsen“ hinaus und führt durch die gezeigten Experimente zu (halb)quantitativen Aussagen in der Form von „wenn...dann“- oder „je...desto“-Formulierungen.
Durch Vergleich mit dem Spiegelbild können die Eigenschaften „tatsächlich vorhandenes, mit einer Mattscheibe darstellbares“ (reelles) und „scheinbares, nicht darstellbares“ (virtuelles) Bild thematisiert werden.

Lösungen der Aufgaben

A1 ☹ Man kann mit Blende und Linse Bilder erzeugen, die jeweils auf dem Kopf stehen und seitenverkehrt sind. Bei beiden besteht das Bild aus vielen kleinen Lichtflecken. Je kleiner die Blendenöffnung, umso kleiner, aber auch dunkler werden die Lichtflecke. Dadurch wird das ganze Bild schärfer und dunkler.

Bei der Linse hängt die Größe der Lichtflecke (und damit die Bildschärfe) bei gegebener Brennweite und Gegenstandsweite von der Bildweite (Abstand Linse – Schirm) ab. Die Helligkeit ändert sich nicht.

Die Bildgröße hängt bei der Blende sowohl vom Abstand Gegenstand – Blende als auch Blende – Schirm ab (es gibt aber keine feste Beziehung), bei der Linse (bei gegebener Brennweite) von der Gegenstandsweite (Abstand Gegenstand – Linse) bzw. dem Verhältnis von Gegenstandsweite und Bildweite.

Weiterer Unterschied: Mit Blenden erhält man nur reelle Bilder, mit Linsen auch virtuelle.

(S.57) **Kontext** Das Auge – Die Kamera

Lernziele SuS wenden ihre Kenntnisse über die Bildentstehung an Sammellinsen im Kontext Fotoapparat und Auge an.

Begriffe Bezeichnungen für die wichtigsten Teile am Fotoapparat und Auge, insbesondere Objektiv, Blende und Bildsensor beim Fotoapparat und Pupille, Augenlinse, Glaskörper und Netzhaut beim Auge

Hinweise/Kommentar Um den Sehvorgang beim menschlichen Auge verstehen zu können, müssen die SuS den grundsätzlichen Aufbau des menschlichen Auges verstehen und die Funktionsweise der einzelnen Bestandteile des Auges kennen. Zur Erklärung des Auges eignet sich ein dreidimensionales Modell, welches in der Regel in der naturwissenschaftlichen Sammlung des Fachbereichs Biologie vorhanden ist. Als Anschauungsobjekt für eine Kamera kann eine alte analoge Kamera verwendet werden.

Material Kopiervorlagen Lernzirkel:
– Auge und Fotoapparat

Animationen/Simulationen:
– Das Auge
– Strahlengang und Akkommodation

Lösungen der Aufgaben

A1 ☹

Fotoapparat	Auge
Linse	Augenlinse + vordere Augenkammer + Hornhaut
Blende	Iris + Pupille
Autofokus	Ringmuskel (+ Linse)
Sensor (Film)	Netzhaut
Speicher (entwickelter Film)	Gehirn

(S. 58) **Kontext** Korrektur von Fehlsichtigkeit

Lernziele SuS wenden ihre Kenntnisse über die Bildentstehung an Sammellinsen im Kontext Auge an, sie unterscheiden Sammel- und Zerstreuungslinsen und führen einfache Experimente nach Anleitung durch und beschreiben die Ergebnisse sachgerecht.

Begriffe Dioptrie, Kurzsichtigkeit, (Alters)Weitsichtigkeit

Hinweise/Kommentar Viele SuS haben die beschriebenen Fehlsichtigkeiten. Zur Vorbereitung können sie sich bereits im Vorfeld über ihre eigenen Sehfehler informieren. Durch einen einfachen Test (Brille in das Licht eines Tageslichtprojektors halten, vgl. Lerneinheit „Optische Linsen“) kann man schnell feststellen, ob in der eigenen Brille Sammellinsen oder Zerstreuungslinsen sind. Die Seite eignet sich insbesondere als Grundlage für ein Schülerreferat.

Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Sehfehler und Hilfsmittel

Animationen/Simulationen:
– Fehlsichtigkeit

Lösungen der Aufgaben **A1** ☉ Brillengläser von Weitsichtigen sind Sammellinsen und können daher wie Brenngläser benutzt werden, die das Licht einer Taschenlampe bündeln, im Gegensatz zum Brillenglas eines Kurzsichtigen.

(S. 59) **Kontext** Licht und Laserlicht – Gefahren und Anwendungen

Lernziele Die SuS untersuchen unterschiedliche Gefahren des Lichts und informieren sich über entsprechende Schutzmaßnahmen.

Begriffe Brennglas, Konvexlinse, Brandursache, Laser, Sonnenlicht, UV-Strahlung

Hinweise/Kommentar Neben vielfältigen nutzbringenden Anwendungen des Lichtes ergeben sich an vielen Stellen auch Gefahren des Lichts. Ziel des Unterrichts ist es auch immer, die SuS für Gefahren zu sensibilisieren und ihnen die Möglichkeit zu geben selbstständig Gefahren zu erkennen und sich entsprechend zu verhalten. Gefahren durch Laserpointer und des Sonnenlichts sind im direkten Erfahrungsbereich der SuS zu finden.
Anhand verschiedener Alltagssituationen können die SuS auf unterschiedliche Gefahren hingewiesen werden und dazu ermutigt werden Lösungen zu finden, wie die Gefahr minimiert werden kann.

Lösungen der Aufgaben ☉ individuelle Schülerlösungen

Lernziele Die SuS beobachten die Leitung von Licht in Glasfasern und vermuten aufgrund ihrer physikalischen Vorkenntnisse, dass ein spezieller Fall von Brechung und Reflexion an der Außenfläche des Lichtleiters dafür verantwortlich ist. Sie erkennen, unter welchen Bedingungen Totalreflexion eintritt.

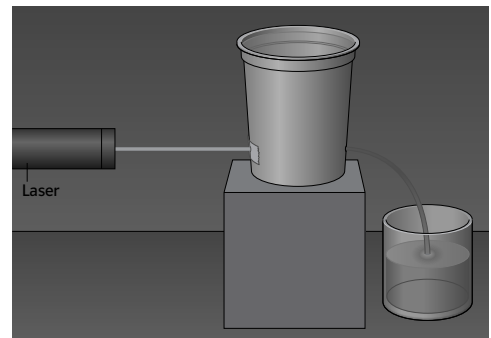
Begriffe Totalreflexion, Grenzwinkel, Lichtleiter

Hinweise/Kommentar Begriffe wie „Glasfaserkabel“ oder „Lichtleiter“ sind vielen SuS wohl bekannt. Dass diese Lichtleitung aber mit Brechung und Reflexion zu erklären ist und sich Licht auch im gebogenen Lichtleitermaterial geradlinig ausbreitet, muss erarbeitet werden. Bei den Versuchen zur Brechung beim Übergang von optisch dichteren in optisch dünnere Stoffe konnten sie schon beobachten, dass an der Grenzfläche immer auch ein Teil des Lichts reflektiert wird. So wird für sie einsichtig, dass bei großen Eintrittswinkeln die Brechung verschwindet, weil der Austrittswinkel größer als 90° werden müsste und das auftreffende Licht nur noch reflektiert wird (Totalreflexion).

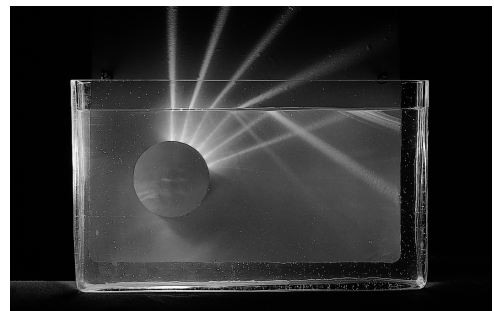
Einstieg Lichtleitung in Fasern dekorativer Leuchtobjekte und der Begriff „Glasfaserkabel“ sind vielen sicher schon bekannt und bilden einen brauchbaren Anknüpfungspunkt, sich physikalisch mit diesem Phänomen zu beschäftigen, um es verstehen zu können.



Versuche im Schulbuch **V1** Schmelze mit einer heißen Stricknadel zwei gegenüberliegende große Löcher in Bodennähe in einen Joghurtbecher. Verschließe ein Loch mit Klebestreifen von beiden Seiten. Fülle den Becher mit Wasser, sodass das Wasser durch das offene Loch in ein Becken fließt. Richte das Lichtbündel eines Laserpointers durch den Klebestreifen auf das gegenüberliegende offene Loch. Im Auftreffpunkt des auslaufenden Wasserstrahls siehst du einen Leuchtfleck.

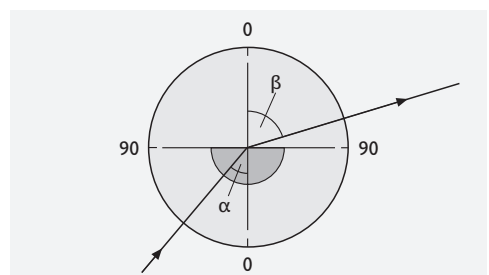


V2 Aus einer Lampe mit schlitzförmigen Öffnungen treffen Lichtbündel unter verschiedenen Winkeln aus dem Wasser auf die Grenzfläche von Wasser zu Luft. Bei kleinen Einfallswinkeln wird ein Teil des Lichts an der Wasseroberfläche gebrochen und ein Teil wird reflektiert. Bei großen Einfallswinkeln tritt keine Brechung mehr auf, das Licht wird nur noch reflektiert.



Weitere Versuche **V3** Eine genaue Bestimmung des Grenzwinkels kann an der Hartel'schen Scheibe (Halbkreisglas) durchgeführt werden. Messwerte für Plexiglas:

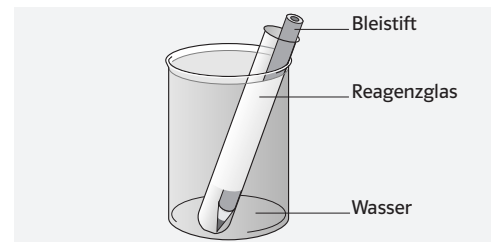
α	10	20	30	40	42
β	15	31	48	73	90



V4 Der Physiker J. Tyndall beobachtete, dass ein Wasserstrahl ein Lichtbündel „gefangen“ halten kann. Man vollzieht diesen Versuch nach. Dazu verschließt man einen durchsichtigen Schlauch mit durchsichtiger Folie und Sekundenkleber zunächst an einer Seite. Man füllt ihn dann mit Wasser und verschließt die andere Seite. Man lenkt ein dünnes Lichtbündel aus einer starken Optikleuchte (ein Laser geht noch besser, dazu braucht man aber die Hilfe der Lehrkraft) auf die Stirnseite des Schlauchs. Es wird beobachtet, wo das meiste Licht austritt.



V5 Ein Reagenzglas mit Bleistift wird in ein Becherglas mit Wasser gestellt. Je nach Blickrichtung und Neigung des Reagenzglases ist der Bleistift nicht zu erkennen. Gibt man Wasser in das Reagenzglas, so wird der Bleistift sichtbar.



Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Totalreflexion

Animationen/Simulationen:
– Brechung und Totalreflexion
– Totalreflexion in einem Lichtleiter

Lösungen der Aufgaben

A1 ○ Mithilfe einer Skizze ähnlich B3 S.20 SB (Lote an den Auftreffpunkten einzeichnen!) erkennt man, dass in einem leicht gebogenen Wasserstrahl die Einfallswinkel immer größer sind als der Grenzwinkel der Totalreflexion für den Übergang Wasser-Luft (ca. 49°).

A2 ● Die Blickrichtung des Unterwasserfotografen bezüglich der Wasseroberfläche ist so flach, dass nur Licht aus dem Wasser, das an der Grenzfläche total reflektiert wird, von ihm registriert werden kann. Die relativ glatte Wasseroberfläche reflektiert das von den gut beleuchteten Gegenständen unter Wasser ausgehende Licht wie ein Spiegel. (Bei glatter Oberfläche alles sehen, was die Uferlinie überragt – unabhängig von der Schwimmtiefe – kann ein Taucher nur innerhalb eines nach oben offenen Blickrichtungskegels, dessen halber Öffnungswinkel gleich dem Grenzwinkel der Totalreflexion für den Übergang Wasser-Luft ist (ca. 49°). Der Winkel der Blickrichtung bezüglich der Wasseroberfläche muss also kleiner als 49° sein, um Dinge oberhalb davon sehen zu können.)

A3 ● Der Eintrittswinkel eines Lichtbündels bleibt auch in einer stark gebogenen Glasfaser immer größer als der Grenzwinkel von ca. 42° für Glas-Luft (siehe auch B3 S.20 SB). Für den Übergang Glas-Wasser beträgt der Grenzwinkel 62° , ist also deutlich größer. Bei starker Biegung des Glaslichtleiters kann der Eintrittswinkel kleiner als der Grenzwinkel werden und ein Teil des Lichtbündels wird ins Wasser gebrochen.

Lernziele SuS erkennen das Funktionsprinzip der Glasfasertechnik und können einfache Anwendungen beschreiben.

Begriffe Glasfaser, Glasfaserkabel, Nachrichtentechnik, Endoskopie

Hinweise/Kommentar Das Funktionsprinzip der Lichtleitung wird mit Hilfe der Totalreflexion zunächst erklärt. Die Bedeutung im Zusammenhang mit der Datenübertragung wird in den Fokus gestellt. Insbesondere die Bedeutung für die Internetgeschwindigkeit ist für SuS greifbar. Die Bedeutung für die Medizin und minimalinvasive Operationen ist eine weitere für SuS interessante Anwendung. Die Geschwindigkeit der Datenübertragung (Internet) taucht im unmittelbaren Erfahrungsbereich der SuS in vielfältiger Weise auf.

Material Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
– Glasfasern

(S. 63) **Rückblick** Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben

Fachwissen

wahr: 2, 3, 4, 5

falsch: 1, 6

Kommunikation

LINSE, LUPE, BILD, BRECHUNG, GRENZWINKEL, BRENNPUNKT, LOT

Lösungswort: SPIEGEL

Erkenntnisgewinnung

1: b) c) d)

2: a)

3: b) c) d) e) f)

4: d) (Im Prinzip müsste dies auch bei b) und c) erkennbar sein, durch die vielen Lichtquellen werden aber die reflektierten Lichtbündel an diesen Stellen überstrahlt.)

5: e) f)

6: keins der Lichtbündel

Bewertung

Aufgabe erfüllbar mit allen Geräten außer mit 3: offenes Glasrohr

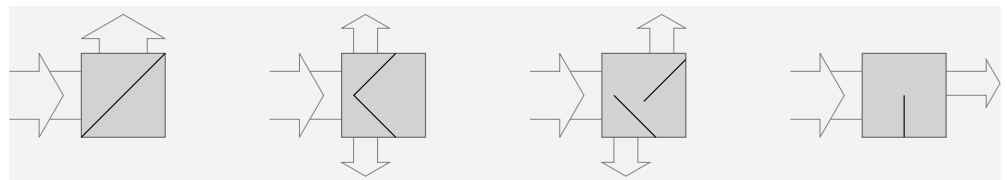
- geringer Aufwand bei 1, 2, 5
- mittlerer Aufwand bei 4 (Wasser einfüllen und Enden mit Klarsichtfolie dicht verschließen)
- großer Aufwand bei 6 und 7 (Die erste Linse so positionieren, dass das Lichtbündel nahe des Linsenrandes auf die Linse trifft und damit größte Ablenkung erfährt. Die nächste Linse drehen, sodass ihre optische Achse parallel zum einfallenden Lichtbündel steht und wieder so positionieren, dass das Lichtbündel nahe des Linsenrandes auftrifft. Weitere Linsen in den Lichtweg bringen, bis der Lichtweg insgesamt um 90° verändert wurde.)

(S. 64) **Rückblick** Lösungen der Trainingsaufgaben

A1 ○ Vom Papier wird das Licht in alle Richtungen ungerichtet reflektiert (ungerichtete Reflexion). Man kann es aus allen Richtungen gleich hell sehen. Der Spiegel reflektiert das Licht vollständig in eine bestimmte Richtung (gerichtete Reflexion). Nur in dieser Richtung leuchtet die Spiegeloberfläche hell auf.

A2 ● Das Licht soll beim Betrachten der Filme nach allen Seiten reflektiert werden. Beim Spiegel gibt es nur eine gerichtete Reflexion. Damit würde nur ein schmales Lichtbündel in das Auge des Zuschauers fallen. Außerdem wäre damit nur ein sehr kleiner Filmausschnitt wahrnehmbar.

A3 ●



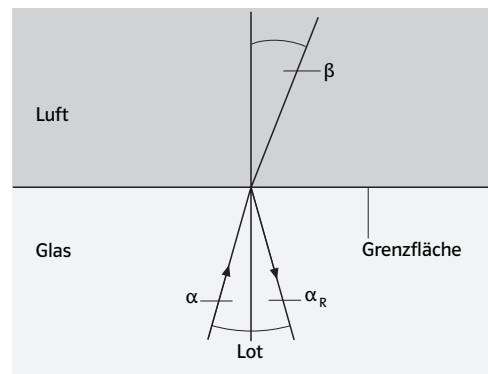
A4 ● Siehe Zeichnung

V	K	N	O
A	K	N	O

A	A
K	K
N	N
O	O

A5 ● a) Nach links. b) Nach vorne (d.h. vom Spiegel weg). c) Entgegengesetzt im Kreis.

A6 ● a) und b) siehe Abbildung
c) Wird der Einfallswinkel im Glas vergrößert, so vergrößert sich auch (im gleichen Maß) der Reflexionswinkel (im Glas) und der Brechungswinkel (in der Luft), bis bei Erreichen des Grenzwinkels Totalreflexion eintritt.



A7 ● a) Brechung beim Übergang Luft $\rightarrow$ Glas und wiederum beim Übergang Glas $\rightarrow$ Luft.
b) Das Licht von der Nadel mit dem roten Kopf wird beim Eintritt in das Prisma und beim Austritt aus dem Prisma gebrochen (siehe a). Bei richtiger Positionierung der Nadeln nimmt daher ein Betrachter (das Gehirn geht von einem geraden Lichtweg aus) das untere Ende der roten Nadel genau an der Stelle der grünen Nadel wahr.

A8 ● Wegen der Brechung des Lichtes beim Übergang Wasser $\rightarrow$ Luft vom Lot weg muss man unter die Stelle zielen, an der man einen Fisch sieht. Wie weit, hängt dabei von den jeweiligen Positionen von Fisch und Jäger zur Wasseroberfläche ab und benötigt daher viel Übung.

A9 ○ Achsennahe Lichtbündel, die parallel zur optischen Achse verlaufen und auf eine Sammellinse treffen, werden von ihr in einen Punkt F auf der optischen Achse gelenkt (Brennpunkt).

A10 ● Das Bild wird dunkler, da nur noch Licht von dem äußeren Rand der Linse zur Bildentstehung beiträgt. Bei dicken Linsen wird das Bild unschärfer, weil Lichtbündel, die weiter von der optischen Achse entfernt sind, anders gebrochen werden (vgl. A6).

A11 ○ Die Lupe ist eine Sammellinse mit kleiner Brennweite, die man zum vergrößerten Betrachten eines Gegenstandes benutzt. Dazu hält man die Lupe so nahe an den Gegenstand, dass dieser innerhalb der doppelten Brennweite der Lupe liegt.
Hinweise: Die Lupenwirkung entsteht im Prinzip dadurch, dass man den Gegenstand näher ans Auge bringen kann. Der Sehwinkel wird vergrößert. Die Vergrößerung berechnet man durch den Quotienten aus der deutlichen Sehweite 25 cm und der Brennweite der Lupe.

Die Autoren und Berater des Unterrichtswerks **Impulse Physik** sind:

Lars Blüggel, Wilhelm Bredthauer, Klaus Gerd Bruns, Dr. Oliver Burmeister, Martin Donat, Daniela Eberhard, Oliver Fechtig, Christian Feldmann, Manfred Grote, Annelie Hegemann, Ulrich Janzen, Walter Jordan, Jürgen Kleischmann, Reiner Kohl, Harald Köhncke, Pascal Märkl, Matthias Riekert, Norbert Schell, Ute Schlobinski-Voigt, Sven Stötzer, Christine Wächter, Christian Wolf, Peter Wojke, Dr. Frank Zimmerschied.

Hinweise zu den Versuchen Vor der Durchführung eines Versuchs müssen mögliche Gefahrenquellen besprochen werden. Die geltenden Richtlinien zur Vermeidung von Unfällen beim Experimentieren sind zu beachten.

Da Experimentieren grundsätzlich umsichtig erfolgen muss, wird auf die üblichen Verhaltensregeln und die Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz nicht bei jedem Versuch gesondert hingewiesen.

Bildquellennachweis

Quellennachweis

U1.1 Thinkstock (istock/1971yes), München; **11.1** iStockphoto, Calgary, Alberta; **12.0** Shutterstock.com RF (Jorg Hackemann), New York, NY; **12.4** Zuckerfabrik Fotodesign, Stuttgart; **14.0** iStockphoto (spxChrome), Calgary, Alberta; **14.7** Zuckerfabrik Fotodesign, Stuttgart; **14.8** Wagner, Michael, Korntal-Münchingen; **17.0** Wurm, Johanna, Donnerskirchen; **21.0** stock.adobe.com (dvoevnore), Dublin; **21.8a** Klett-Archiv, Stuttgart; **21.8b** Klett-Archiv, Stuttgart; **21.8c** Zuckerfabrik Fotodesign, Stuttgart; **21.8d** Zuckerfabrik Fotodesign, Stuttgart; **23.0** Zuckerfabrik Fotodesign, Stuttgart; **28.1** stock.adobe.com (GAP artwork), Dublin; **28.3** Zuckerfabrik Fotodesign, Stuttgart

Sollte es in einem Einzelfall nicht gelungen sein, den korrekten Rechteinhaber ausfindig zu machen, so werden berechnigte Ansprüche selbstverständlich im Rahmen der üblichen Regelungen abgegolten.

1. Auflage

1 5 4 3 2 1 | 24 23 22 21 20

Alle Drucke dieser Auflage sind unverändert und können im Unterricht nebeneinander verwendet werden. Die letzte Zahl bezeichnet das Jahr des Druckes.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 60a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2020. Alle Rechte vorbehalten. www.klett.de
Das vorliegende Material dient ausschließlich gemäß § 60b UrhG dem Einsatz im Unterricht an Schulen.

Entstanden in Zusammenarbeit mit dem Projektteam des Verlages

Umschlagsgestaltung: normaldesign GbR, Maria und Jens-Peter Becker, Schwäbisch Gmünd

Satz: Andreas Staiger, Stuttgart

Grafiken: Cyprian Lothringer, Leipzig; Jörg Mair, München; Karin Mall, Berlin; Alfred Marzell, Schwäbisch Gmünd; Andreas Staiger, Stuttgart

Die Verkaufsaufgabe erscheint unter der ISBN: 978-3-12-772942-9.