

Lernzirkel für die Schule zum Thema Optik

Der hier angebotene Lernzirkel zur Optik ist in 5 Themen unterteilt: Das Auge, Licht und Schatten, Spiegel, Lichtbrechung, Farbe. Für jedes der Themen steht eine pdf-Datei zum download zur Verfügung. Die Materialien können als ein Lernzirkel oder unabhängig voneinander bearbeitet werden. Die gesamte Bearbeitungszeit des Lernzirkels durch die SchülerInnen beträgt ca. vier Unterrichtsstunden. Der Lernzirkel kann zu Beginn der Unterrichtseinheit Optik eingesetzt werden oder auch als Abschluss.

Ursprünglich waren die Arbeitsmaterialien für einen Rundgang in der Optikabteilung im Deutschen Museum konzipiert. Um auch Klassen ohne einen Besuch des Museums die Möglichkeit zu geben das Material im Unterricht zu bearbeiten, wurde es überarbeitet und so aufbereitet, dass es im Unterricht ohne Museumsbesuch einsetzbar ist. Die Lesetexte sind zum Großteil die Texte, die im Museum den Besuchern zur Verfügung stehen. Diese hier angebotenen Lesetexte können jeweils vom Lehrer durch andere Texte ersetzt oder ergänzt werden.

Zusätzliche Informationen zu den Versuchen des Lernzirkels erhalten Sie im Folgenden.

Falls Sie weitere Fragen haben wenden Sie sich gerne an Frau Winkler, die den Lernzirkel an den Museumsgang angepasst hat und in mehreren Schulklassen erprobt hat (winkler.mareike@web.de)

1 Das Auge

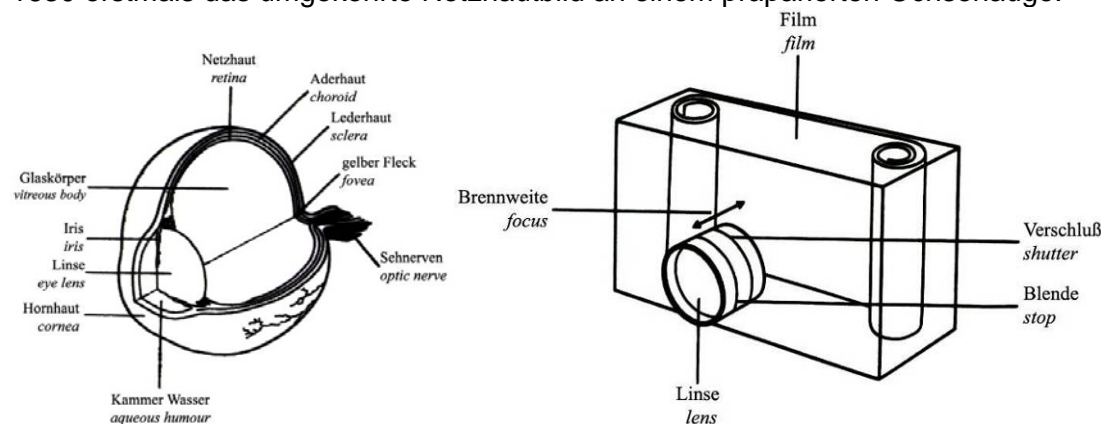
Zunächst sind die wichtigsten Bestandteile des Auges an einer Skizze zu beschriften. Hierzu gibt es einen Lesetext sowie die Skizze eines Auges, die der Skizze eines Fotoapparates gegenübergestellt wird:

Das Auge

Der Aufbau des Auges ähnelt einer Kamera. Hornhaut und Linse entsprechen dem Objektiv, die Netzhaut dem fotografischen Film. Struktur und Funktion der Netzhaut sind erheblich komplizierter als die eines Filmes. Die Leistungsfähigkeit des Auges übertrifft deshalb die einer Kamera bei weitem. Eine Kerzenflamme ist in der Dunkelheit noch in 15 Kilometer Entfernung wahrnehmbar. Wir können Farben, Bewegungen, aber auch ruhende Umwelt sehen. Letzteres scheint nur Säugetieren möglich zu sein. Die Evolution des Auges und die Entwicklung des Großhirns gingen Hand in Hand.

Strahlengang im Auge:

Die gekrümmte Hornhaut und die Augenlinse erzeugen auf der Netzhaut ein umgekehrtes und seitenverkehrtes Bild. Wir nehmen die Umwelt aufrecht und seitenrichtig wahr, weil das Gehirn aufgrund der Erfahrungen, die wir als Kleinkind mit dem Tastsinn sammeln, das "falsche" Bild korrigiert. Der Jesuitenpater Christoph Scheiner (1573-1650) beschrieb gegen 1630 erstmals das umgekehrte Netzhautbild an einem präparierten Ochsenauge.

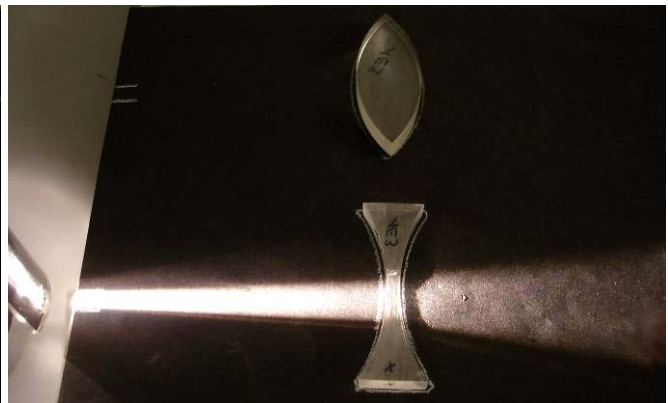
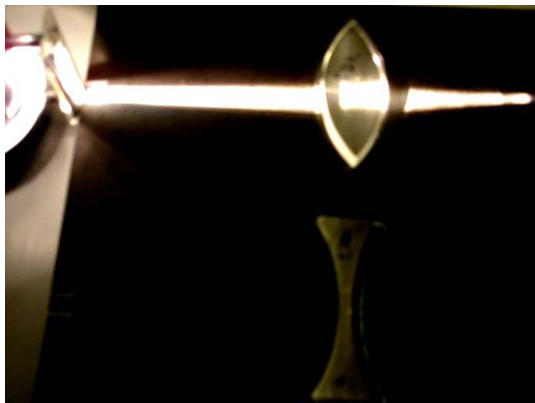


Lesetext 1: Aufbau des Auges, Strahlengang im Auge

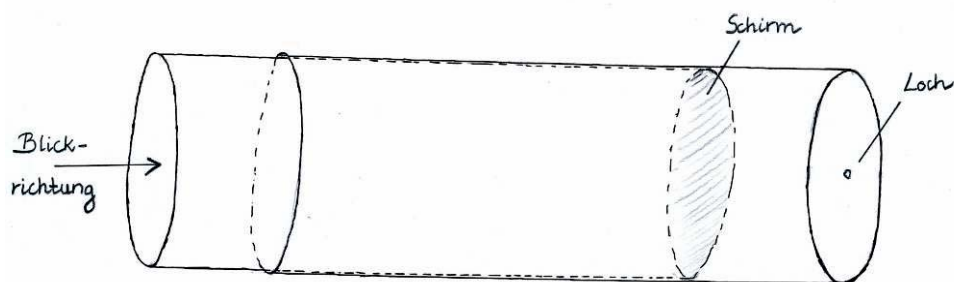
Zusätzlich kann ein zerlegbares Augenmodell (zum Beispiel aus der Biologie-Sammlung) zur Verfügung gestellt werden.



Es folgt ein Versuch, bei dem die SchülerInnen erkennen sollen, dass es sich bei der Augenlinse um eine Sammellinse handelt. Es werden zwei Modelllinsen (eine Sammellinse und eine Zerstreuungslinse) verwendet, sowie eine Lampe, welche einen breiten Lichtstrahl aussendet.



Als Camera Obscura wird eine Lochkamera verwendet:



Als abzubildendes Objekt kann z.B. eine Lampe aus Leuchtstoffröhren verwendet werden (Bezugsquelle: www.pearl.com).



Die Akkomodation wird durch einen Lesetext sowie ein Bild zur Akkomodation auf ferne und nahe Objekte erklärt.

Akkommodation

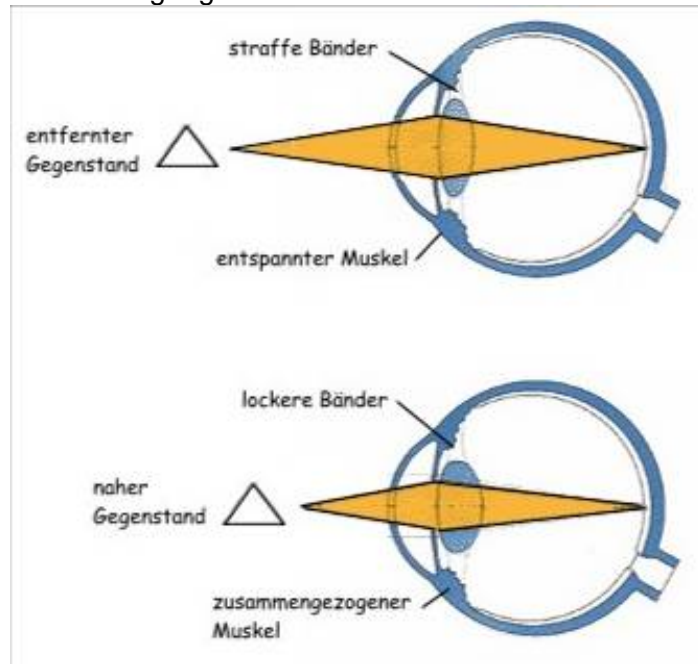
Mit Akkomodation wird das Scharfstellen naher oder entfernter Gegenstände bezeichnet. Bei einer Kamera geschieht das Scharfstellen durch Verändern des Abstandes Objektiv – Film.

Das Auge erreicht die Scharfstellung, indem es die Linsenkrümmung verändert. Die elastische Linse ist mit Bändern in einem ringförmigen Muskel aufgehängt. Ist der (Ciliar-) Muskel entspannt, sind die Bänder straff und ziehen die Linse in eine flache Form: Entfernte Gegenstände werden scharf abgebildet.

Zieht sich der Muskel zusammen, verlieren die Bänder ihren Zug, die Linse verformt sich durch ihre Elastizität zu einer stärker gekrümmten Oberfläche: Nahe Gegenstände werden scharf abgebildet.

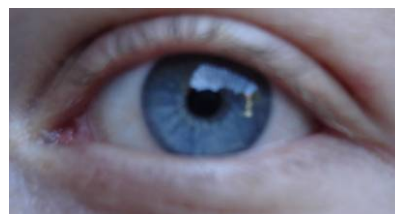
Mit der Form ändert die Linse ihre Brennweite.

Dieser Vorgang heißt "Akkommodation".



Lesetext 2: Akkomodation

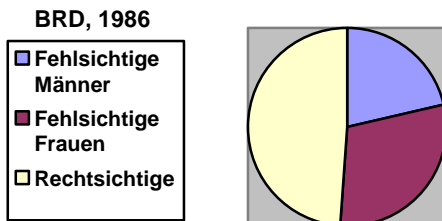
Im nächsten Versuch sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, wie sich die Größe der Pupille bei geringem bzw. bei starkem Lichteinfall verändert. Dazu liegen an der Station kleine Spiegel und Taschenlampen bereit, so dass die Kinder ihre eigenen Pupillen im Spiegel betrachten können: sie ziehen sich zusammen, wenn mit der Taschenlampe (die nicht zu hell sein darf, um das Auge nicht zu gefährden) schräg hineingeleuchtet wird.



Es folgt ein Versuch zur Fehlsichtigkeit. Dazu dient folgender Lesetext (aus dem Deutschen Museum):

Fehlsichtigkeit

Der Gesichtssinn ist für uns der wichtigste: über das Auge nehmen wir ein Vielfaches an Informationen auf als mit den anderen Sinnen. Daher kommt der Entwicklung von Sehhilfen, wie Brillen und Kontaktlinsen, zur Korrektur von Fehlsichtigkeit große Bedeutung zu.



Häufige Arten der Fehlsichtigkeit sind

- Kurzsichtigkeit
- Übersichtigkeit
- Alterssichtigkeit
- Astigmatismus durch Abweichung der Hornhautoberfläche und/oder Augenlinse von der radialsymmetrischen Form

Die meisten Arten dieser Fehlsichtigkeiten können durch eine passende Brille oder Kontaktlinsen korrigiert werden.

Übersichtigkeit, Alterssichtigkeit

Übersichtige sehen nahe Gegenstände unscharf. Bei schwacher Übersichtigkeit können entfernte Gegenstände scharf gesehen werden. Dazu ist aber, anders als bei Normal-sichtigen, die Anspannung des Ciliarmuskels notwendig. Bei starker Übersichtigkeit ist auch für das Sehen in die Entfernung eine Sehhilfe notwendig.

Bei Übersichtigkeit ist der Augapfel zu kurz. Hornhaut und Linse erzeugen hinter der Netzhaut ein scharfes Bild der Umwelt. Auf der Netzhaut selbst ist das Bild unscharf.

Mit einer Sammellinse vor dem Auge kann diese Fehlsichtigkeit korrigiert werden.

Bei der Alterssichtigkeit ist das Sehen in die Entfernung nicht beeinträchtigt. Nahe Gegenstände werden aber unscharf gesehen. Die Ursache ist aber eine andere als bei Übersichtigkeit: Die Elastizität der Linse nimmt im Alter ab; sie erreicht nicht mehr die notwendige Krümmung, um auch nahe Gegenstände scharf auf der Netzhaut abzubilden. Alterssichtigkeit wird ebenfalls mit einer Sammellinse behoben.

Kurzsichtigkeit

Kurzsichtige sehen nahe Gegenstände scharf, entfernte verschwommen.

Bei Kurzsichtigkeit ist der Augapfel zu lang. Hornhaut und Linse bilden entfernte Gegenstände schon vor der Netzhaut scharf ab. Auf der Netzhaut selbst ist das Bild unscharf.

Mit einer Zerstreuungslinse vor dem Auge kann die Kurzsichtigkeit behoben werden.

Auf eine dunkle Papierunterlage werden schematisch ein kurzsichtiges sowie ein übersichtiges Auge aufgezeichnet. Die Schüler müssen zunächst die Augenlinse an die gekennzeichnete Stelle legen, mit einer Lampe einen breiten Lichtstrahl hindurchlaufen lassen und den Strahlenverlauf beobachten. Es ist so gut zu erkennen, wie sich das Licht bereits vor bzw. erst nach der aufgezeichneten Netzhaut bündelt. Zur Korrektur der Fehlsichtigkeit wird die Linse vor die Augenlinse gelegt – die Lichtbündel laufen dann auf der Netzhaut in einem Punkt zusammen.



2 Licht und Schatten

Der erste Versuch des Themenblocks "Licht und Schatten" besteht aus einem ausgeschnittenen "F", dessen Schatten an die Wand geworfen wird. Das F kann zum Beispiel aus dicker Pappe ausgeschnitten werden. Dieses wird auf einen Ständer geklemmt, damit die Kinder es nicht selbst festzuhalten brauchen und damit der Schatten möglichst gut zu sehen ist (ohne "Verwackeln" und ohne Schatten der Finger und Hände). Die Lichtquelle besteht aus einer hellen Taschenlampe, die die Schülerinnen und Schüler selbst in der Hand halten.



Zu Halb- und Kernschatten wird ein Dreieck (aus stabiler Pappe) verwendet; dessen Schatten auf der Wand betrachtet wird. Die beiden Lichtquellen sind helle Taschenlampen, die von den Kindern gehalten werden. Das Dreieck wird auf einen Ständer geklemmt.

Das dritte Thema an dieser Station ist die Lichtgeschwindigkeit. Dazu gibt es einen Lesetext. Die Fragen des Arbeitsblattes können anhand dieses Textes beantwortet werden.

Lichtgeschwindigkeit

Schalten wir einen Scheinwerfer ein, erscheinen selbst entfernte Dinge sofort beleuchtet. Licht breitet sich mit der extremen Geschwindigkeit von etwa 300000 Kilometer pro Sekunde aus. Ein Lichtsignal benötigt vom Mond zur Erde etwa 1 Sekunde, von der Sonne rund 8 Minuten, vom nächsten Fixstern, Proxima Centauri, vier Jahre. Ein Blick in den Himmel ist ein Blick in verschiedene Vergangenheiten. Je weiter ein Himmelsobjekt entfernt ist, desto länger braucht sein Licht zur Erde. So erreicht uns Licht von Sternen, die schon längst nicht mehr existieren. Alle Experimente belegen bis heute, dass die Lichtgeschwindigkeit weder von Strahlung noch von materiellen Körpern überschritten werden kann. Aus dieser Tatsache entwickelte Albert Einstein 1905 die spezielle Relativitätstheorie.

Heute gilt $c = 299792,459$ Kilometer pro Sekunde.

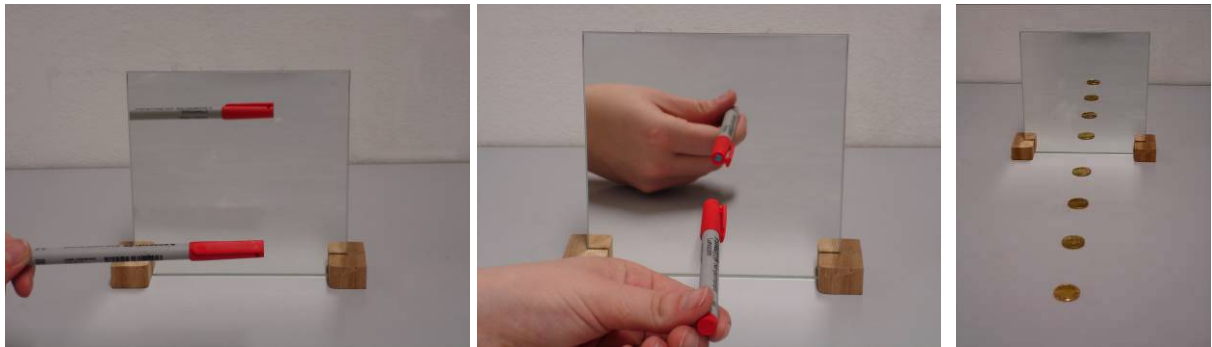
Lesetext 4: Die Lichtgeschwindigkeit

3 Spiegel

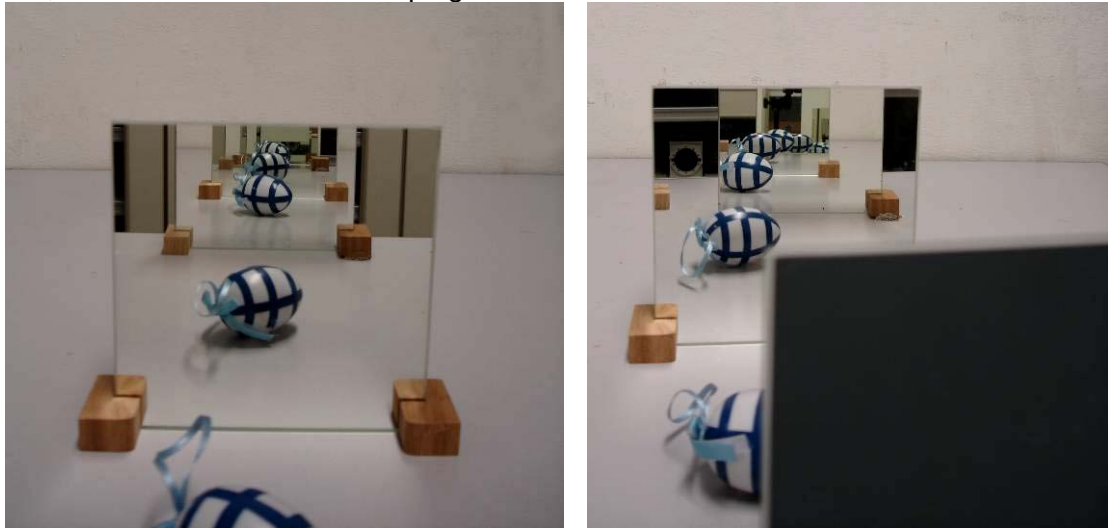
Für die Versuche (Betrachtung von Stiften und Münzen im Spiegel) werden kleine Spiegelskacheln verwendet. Die Kacheln werden seitlich von geschlitzten Holzklötzchen gestützt, so dass sie aufrecht stehen.

In den ersten beiden Versuchen soll erkannt werden, dass der Spiegel nicht links und rechts, sondern vorne und hinten vertauscht. Die Schüler halten zunächst einen Stift seitlich vor den Spiegel, so dass die Spitze/Kappe nach rechts zeigt. Auch im Spiegelbild zeigt sie nach rechts. Dann wird er so gehalten, dass die Spitze vom Betrachter weg auf den Spiegel zu weist – im Spiegelbild dagegen weist die Spitze auf den Betrachter.

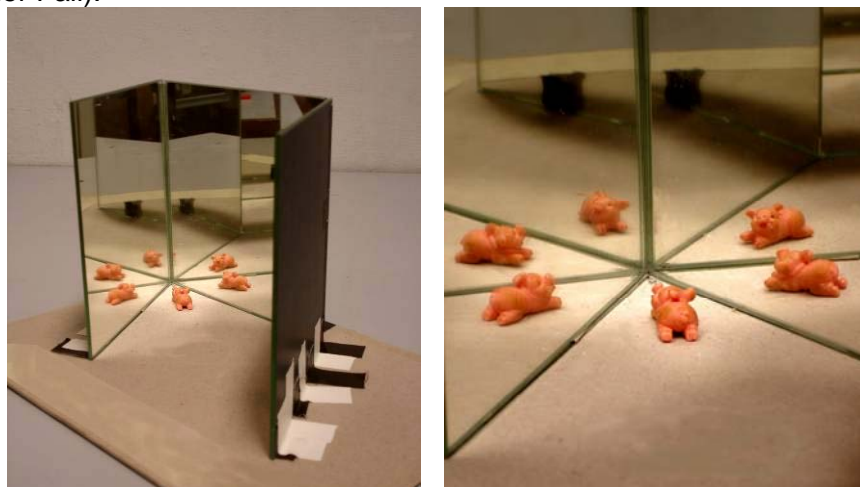
Im dritten Versuch schließlich soll deutlich werden, dass sich das Spiegelbild hinter der Spiegelebene befindet. Dafür legen die Kinder Münzen in eine Reihe vor den Spiegel; der Abstand zwischen zwei Münzen beträgt jeweils etwa eine Handbreite. Die Frage lautet, wie weit die erste Münze vor dem Spiegel von der ersten Münze hinter dem Spiegel entfernt ist (zwei Handbreiten).

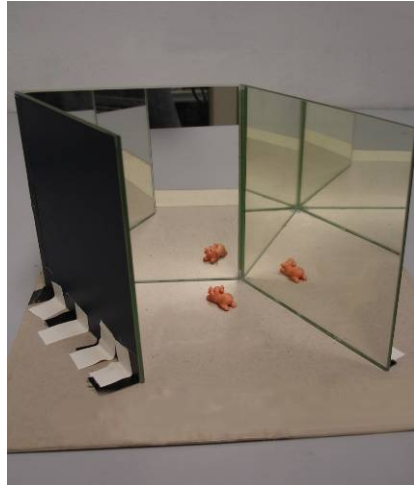


Für den Versuch mit den parallelen Spiegeln (Entstehung von "unendlich vielen" Spiegelbildern eines Objektes zwischen den Parallelspiegeln) werden ebenfalls Spiegelkacheln verwendet. Ein kleiner Gegenstand wird zwischen die Spiegelkacheln gestellt, dessen "unendlich viele" Spiegelbilder dann betrachtet werden können.

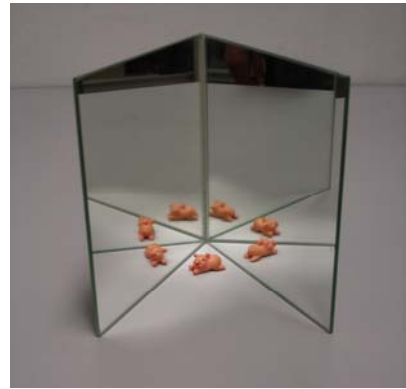
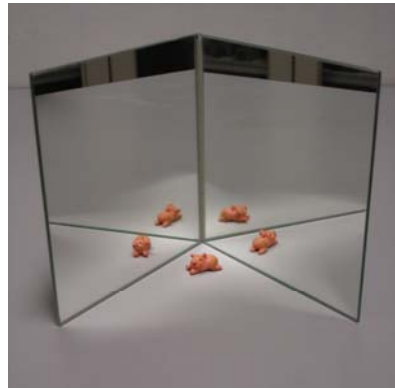
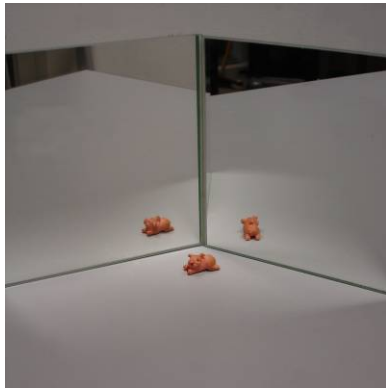


Auch ein Spiegellabyrinth kann im Kleinformaat aufgebaut werden. Dafür werden drei Spiegelkacheln in den entsprechenden Winkeln zueinander zusammengeklebt. Die Schüler sollen die richtigen Positionen für den Gegenstand finden, so dass er sich genau fünfmal bzw. zweimal spiegelt (dies ist in der Ecke mit dem 60° -Winkel bzw. in der Ecke mit dem 120° -Winkel der Fall).



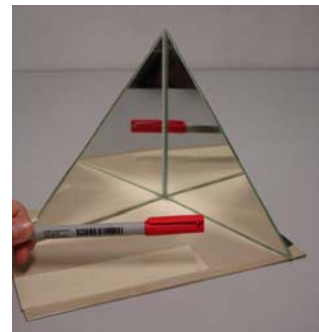


Für den Versuch mit den Winkelspiegeln werden zwei Spiegelkacheln verwendet, die an einer Kante mit Klebeband aneinandergeklebt sind, und zwar so, dass genug Spielraum ist, um den Winkel zwischen den Spiegeln zu verändern. Betrachtet man nun die Spiegelbilder eines kleinen Gegenstands, wird schnell sichtbar, wie die Anzahl der Bilder mit immer kleinerem Winkel zunimmt.

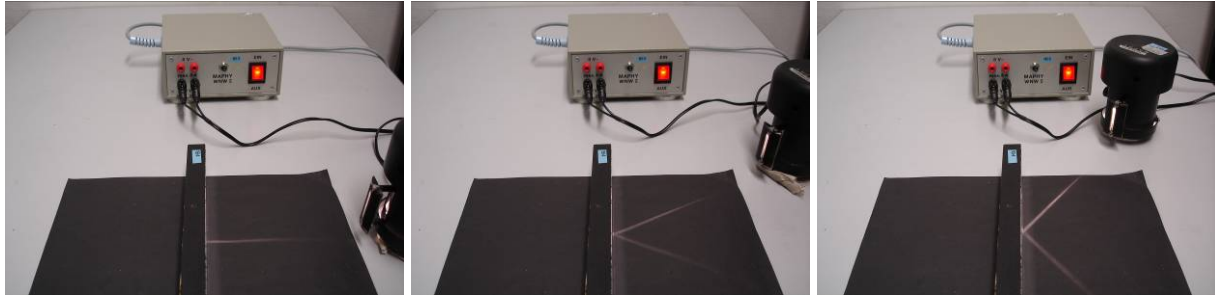


Für den Kaleidoskop-Versuch wird ein Kaleidoskop bereitgelegt (Bauanleitung siehe z.B. SUPRA).

Das Katzenauge wird aus drei Spiegelkacheln gebaut, die jeweils im rechten Winkel zueinander zusammengeklebt wurden. Dafür werden die quadratischen Kacheln an der Diagonale durchgeschnitten, so dass man fast automatisch in die Ecke der Anordnung blickt. Nur an dieser Stelle ist der Effekt sichtbar, dass diese Spiegelanordnung im Gegensatz zum normalen Spiegel sehr wohl die Seiten vertauscht. Klebt man dagegen quadratische Kacheln in dieser Form zusammen, blicken die Kinder häufig in eine der seitlichen Kacheln anstatt in die Ecke und können so den Effekt, um den es eigentlich geht, nicht erkennen.



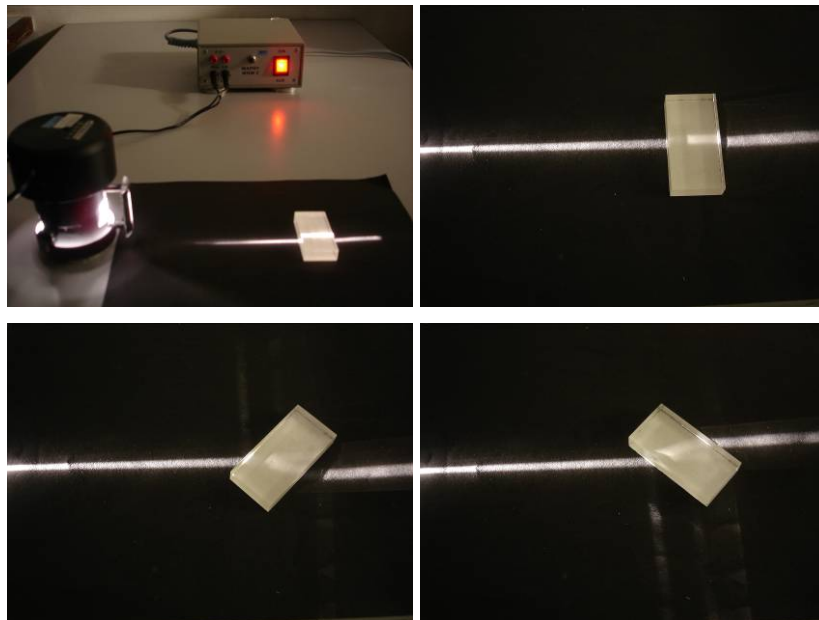
Der Versuch zum Reflexionsgesetz kann gut umgesetzt werden mit einem schmalen Spiegel, der auf eine dunkle Unterlage gestellt wird, und einer Lichtquelle, die nur einen Strahl aussendet. Die Schülerinnen und Schüler können den Spiegel selbst drehen und beobachten, in welche Richtung der Strahl reflektiert wird.



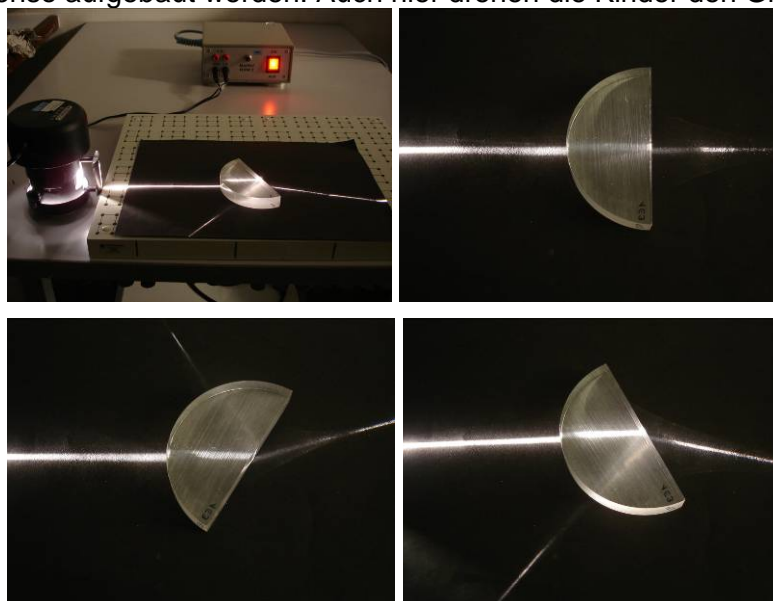
In der letzten Aufgabe geht es um Zerrspiegel. Die Zerrspiegel können mit Spiegelfolien gebaut werden.

4 Lichtbrechung

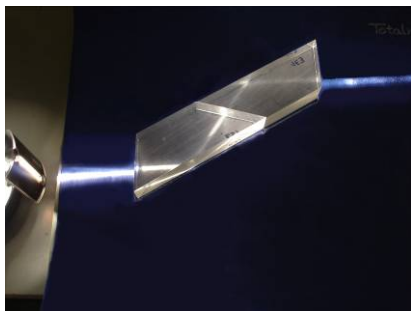
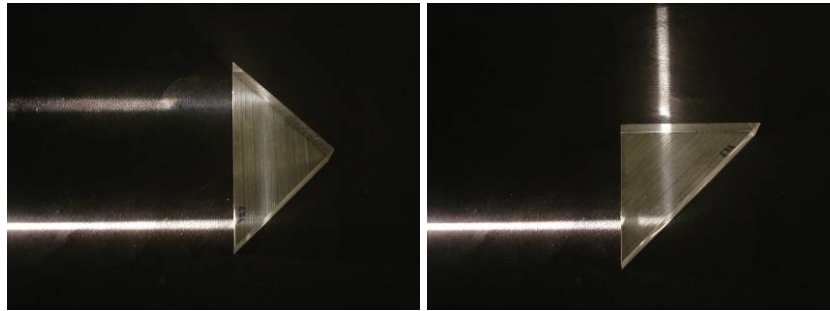
Der erste Versuch zur Lichtbrechung besteht aus einem Glasquader, an dem ein Lichtstrahl gebrochen wird. Im Lernzirkel liegt ein Quader bereit, der auf eine dunkle Unterlage gelegt und von einem Lichtstrahl durchlaufen wird.



Der Versuch zum Brechungsgesetz, bei dem ein halbkreisförmiges Glasstück verwendet wird, kann ebenso aufgebaut werden. Auch hier drehen die Kinder den Glaskörper.



Das 90°-Prisma wird verwendet, um die Totalreflexion einzuführen. Der Aufbau dieses Versuches ist identisch zu den vorangegangenen. Die SchülerInnen drehen das Prisma in die angegebenen Positionen und beobachten den Verlauf des Lichtstrahls.



Bei einem weiteren Versuch werden zwei Glastrapeze so aneinandergelegt, dass ein Lichtstrahl in ihnen zweimal totalreflektiert wird. Auch hier ist auf einer vom Lehrer bereit gestellten Unterlage zu erkennen, wie die Trapeze anzuordnen sind.

Zur Totalreflexion wird außerdem der Lesetext zur Verfügung gestellt:

Totalreflexion

Lichtstrahlen lassen sich in einen Glasstab einschließen: Treffen sie in einem bestimmten Winkel auf die Innenwand, werden sie vollkommen reflektiert und können den Stab nicht verlassen.

Durch Totalreflexion können Lichtstrahlen fast verlustlos abgelenkt werden. Dies findet verschiedenste Anwendung in der Technik: Bei Feldstechern ermöglicht die mehrfache Umlenkung der Lichtstrahlen eine kurze Bauweise. Dünne Glasfasern leiten Lichtstrahlen auch in Kurvenbahnen. In der Nachrichtentechnik gewinnt die Datenübertragung mittels Glasfasern an Bedeutung. Wegen der hohen Frequenz der Lichtstrahlen ist auf einem Glasfaserkabel mehr Information übertragbar als auf elektrischem Wege über Metallkabel. In der Medizin besitzt die Glasfaseroptik große Bedeutung bei der Untersuchung schwer zugänglicher Körperhöhlen.

Lesetext 5: Totalreflexion

Um die Bedingung für eine Totalreflexion zu erkennen, wird im Arbeitsblatt die Skizze eines Wasserbeckens verwendet, auf dessen Boden eine Lichtquelle angebracht ist, welche Strahlen unter verschiedenen Winkeln aussendet. Je nach Größe des Winkels werden die Strahlen am Übergang Wasser-Luft totalreflektiert oder gebrochen.

Zur Glasfaseroptik und ihren technischen Anwendungen stehen wiederum Texte zur Verfügung. Zur besseren Veranschaulichung können einige dünne Lichtleiter bereitgestellt werden.

Glasfaseroptiken

Lichtstrahlen können nicht nur durch Linsen gelenkt werden. Auch haarfeine und daher biegsame Glasfasern aus zwei konzentrisch angeordneten, unterschiedlich stark brechenden Glasarten leiten den Lichtstrahl in sich: An der Grenze zwischen beiden wird er total reflektiert und kann die Glasfaser nicht verlassen.

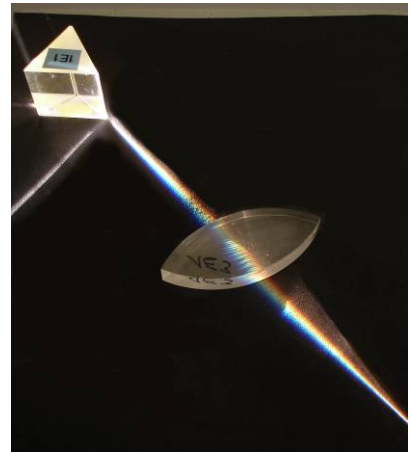
Licht für Beleuchtungen kann in einem Bündel ungeordneter Glasfasern transportiert werden. Für die Übertragung von Bildern müssen die Fasern geordnet sein. Solche geordneten Bündel ermöglichen die Untersuchung schwer zugänglicher Hohlräume, zum Beispiel des Magens eines Kranken oder des Verbrennungsraums eines Benzinmotors.

Lesetext 6: Glasfaseroptiken

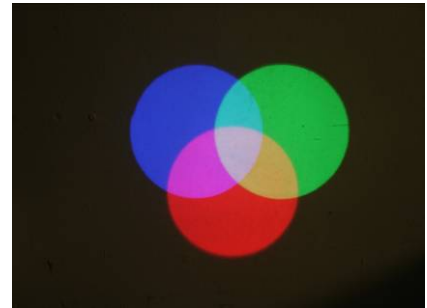
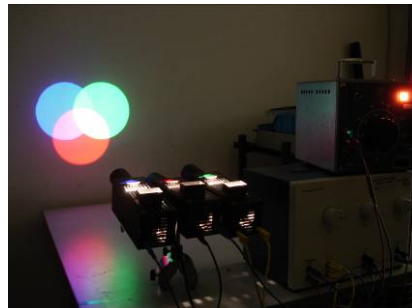
5 Farbe

Hier wird zunächst gezeigt, wie ein Glasprisma weißes Licht in die einzelnen Spektralfarben aufspaltet und eine Sammellinse diese wieder zu einem weißen Lichtstrahl zusammenführt. Die Positionen von Prisma und Linse sowie die Stelle, an der das Lichtbündel sein muss, sind auf einer Unterlage markiert.

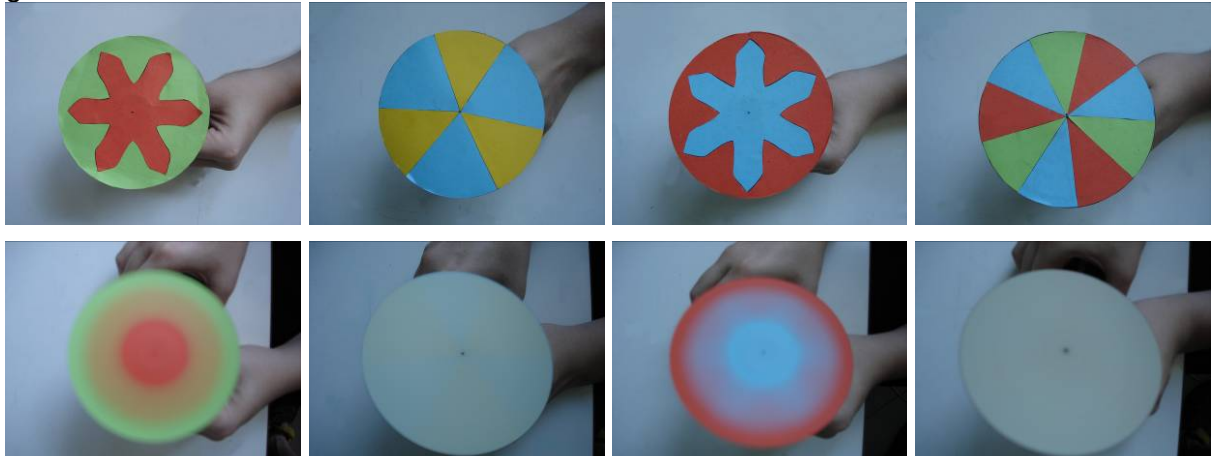
Der zweite Versuch befasst sich mit der additiven Farbmischung. Zum Beispiel der Farbmischapparat von Phywe besteht aus drei Scheinwerfern mit Farbfolien in den Farben rot, grün und blau. Die Scheinwerfer werden so eingestellt, dass von den drei Farbkreisen jeweils zwei überlappen, bzw. in der Mitte alle drei, so dass sämtliche Kombinationen der drei Farben betrachtet werden können.



Ein weiterer Versuch zur additiven Farbmischung besteht aus sich drehenden Scheiben mit regelmäßigen Farbmustern. Wenn sich die Scheiben schnell genug drehen, nimmt man ebenfalls eine Mischfarbe wahr.

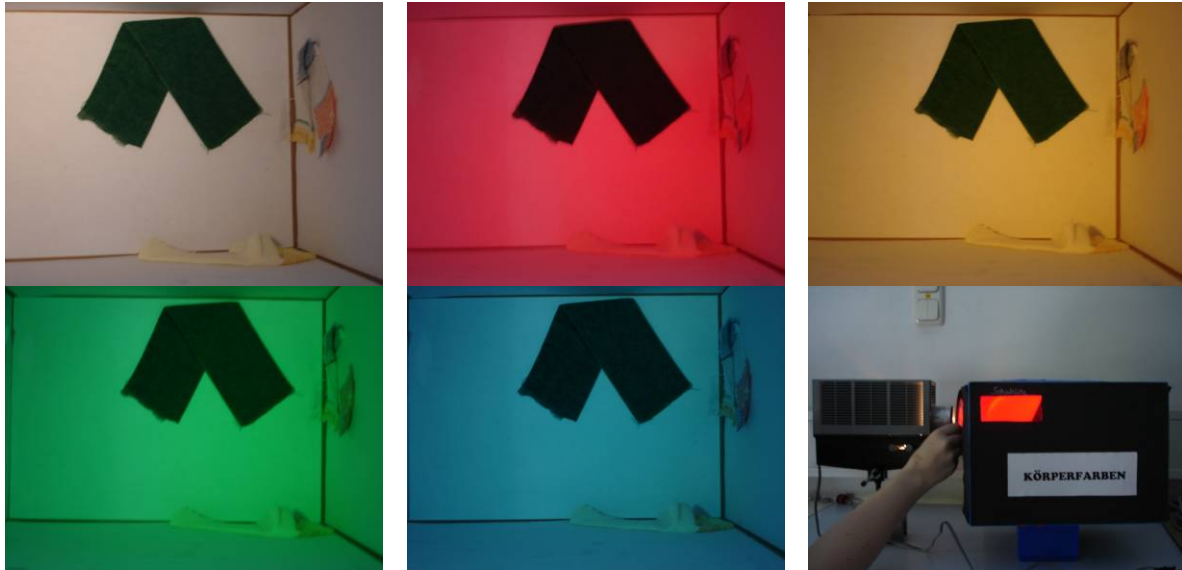


Die Scheiben werden aus Tonpapier gebaut. Um eine genügend hohe Drehfrequenz zu erreichen, werden sie mit kleinen Elektromotoren angetrieben: die Scheiben werden jeweils auf ein Stück Kork geklebt und dieses mit Hilfe einer Bohrung auf das Antriebsteil des Motors gesteckt.



Der nächste Versuch beschäftigt sich ebenfalls mit der Farbwahrnehmung. Es werden verschiedenfarbige Stoffstücke mit verschiedenfarbigem Licht beleuchtet. Ziel des Versuchs ist es, deutlich zu machen, dass es von der Farbe des Lichtes abhängt, in welcher Farbe wir einen Körper wahrnehmen.

Der Versuch wird folgendermaßen aufgebaut: In einer großen Kiste befinden sich verschiedenfarbige Stoffstückchen. Die Kiste hat an einer Seite einen Schlitz, durch den man in das Innere blicken kann. Zur Beleuchtung gibt es eine Öffnung an der Oberseite der Kiste; von dort aus werden mit Hilfe einer Lampe die Stoffstücke angestrahlt. Es stehen verschiedene Farbfilter zur Verfügung (rot, gelb, grün, blau), die vor die Lampe gehalten werden können. Die Veränderung der Farbwahrnehmung bei unterschiedlichen Farben des einfallenden Lichtes kann auf diese Weise sehr schön beobachtet werden.



Um die Funktionsweise der Netzhaut sowie der Zäpfchen und Stäbchen zu erklären, wird der Lesetext bereitgelegt.

Die Netzhaut

Die Netzhaut enthält zwei Arten lichtempfindlicher Zellen:

- Die Zäpfchen arbeiten bei hellem Licht. Mit ihnen sehen wir Farben.
- Die Stäbchen sind bei geringen Lichtintensitäten aktiv. Mit ihnen "sehen" wir Grautöne.

Es gibt drei verschiedene Sorten Zäpfchen. Sie weisen unterschiedliche Empfindlichkeit für die Wellenlängen des sichtbaren Lichtes auf. Dadurch kann die Netzhaut das Licht nach Wellenlängen "sortieren". Wir empfinden Licht einer einzigen Wellenlänge oder eine Kombination verschiedener Wellenlängen als Farbe.

Die Netzhaut gibt die Informationen an das Gehirn weiter.

Lesetext 7: Die Netzhaut

Den Abschluss bildet ein Versuch zur Lichtempfindlichkeit der Netzhaut. In einer Schachtel befindet sich ein braunes Stofftier, das zunächst von hellem Licht angeleuchtet wird. Das Licht kann nun gedimmt werden; ist die Lichtstärke schließlich schwach genug, sieht das Tier grau aus.

Um den Versuch unabhängig von der allgemeinen Helligkeit im Klassenzimmer durchführen zu können, wird als Lichtquelle eine kleine Glühbirne in die Schachtel eingebaut, die von außen gedimmt werden kann. So ist keine zusätzliche Öffnung für eine "externe" Lampe nötig. Durch eine solche Öffnung würde zu viel Licht von außen eindringen und der Effekt wäre nicht mehr sichtbar. (Tatsächlich ist das Phänomen erst bei extrem geringer Lichtstärke

zu bemerken. Das menschliche Auge passt sich bekanntlich sehr schnell den Lichtverhältnissen an, anders als ein Fotoapparat – daher können die Fotos den Effekt leider nicht ganz zufriedenstellend abbilden.)



Zur Erklärung des Phänomens wurde auch hier der Text eingesetzt.

Lichtempfindlichkeit der Netzhaut

Im hellen Licht sehen wir farbig. Unterhalb einer bestimmten Lichtintensität werden nicht nur "alle Katzen grau".

Die Anpassungsfähigkeit der Netzhaut an verschiedene Lichtintensitäten ist enorm: Bezeichnen wir die Empfindlichkeit der Netzhaut bei grellem Sonnenschein willkürlich mit "1", dann kann die Netzhaut innerhalb von etwa 30 Minuten ihre Empfindlichkeit im Dunkeln um den Faktor 10^{13} – eine 1 mit 13 Nullen – steigern.

Der Intensitätsbereich, in dem wir Farben sehen, ist vergleichsweise klein: Setzen wir wieder die Empfindlichkeit der Netzhaut bei Sonnenschein mit "1", dann beginnt das "Grausehen" etwa bei einer Steigerung der Netzhautempfindlichkeit um den Faktor 1000.

Lesetext 8: Lichtempfindlichkeit der Netzhaut