

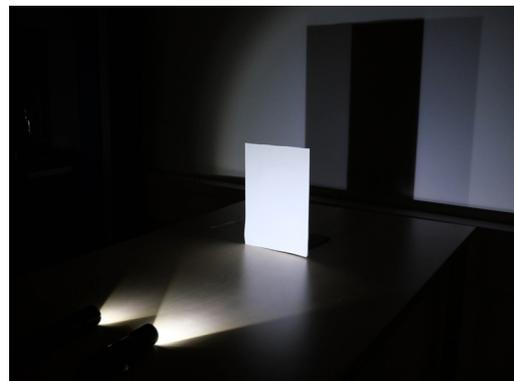
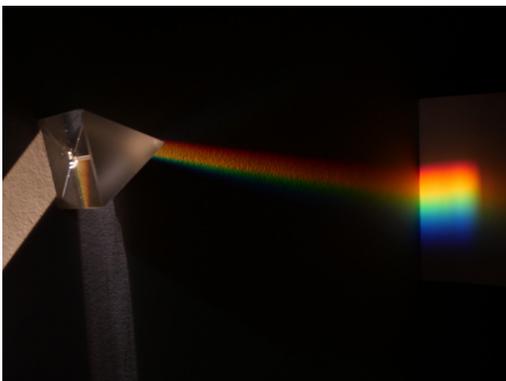
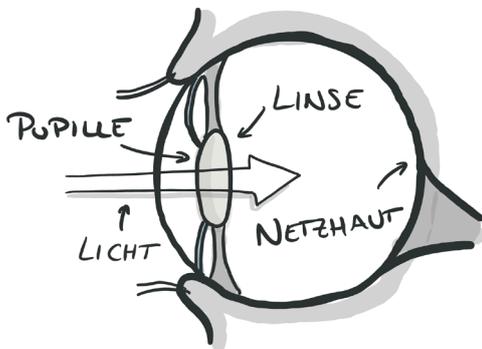
Die Sender-Empfänger Optikkonzeption



Sekundarstufe 1



Abschnitt 1 - Sehen



1 Unser Auge - Ein Lichtempfänger

Sehen ist der wichtigste Sinn, damit wir uns im Alltag zurechtfinden. Mehr als 80% der Informationen über unsere Umwelt nehmen wir durch die Augen auf. In diesem Kapitel erfährst du, wie und wann wir Gegenstände überhaupt sehen können.

Es gibt Lebewesen, die sehen viel besser als wir. Es gibt aber auch Lebewesen, die sehen wesentlich schlechter oder fast gar nichts. Vielleicht kennst du die Sprichwörter „Sehen wie ein Adler“ oder „Blind wie ein Maulwurf“. Auch viele Tiefseefische und Höhlenbewohner sind fast blind. Am Tiefseeboden wurden sogar Meerestierchen gefunden, die gar keine Augen haben.



CC BY-SA 4.0, Luc Hoogenstein

1 Maulwurf



2 Tiefseefisch



CC BY-SA 3.0, Arne Hodalič

3 Grottenolm

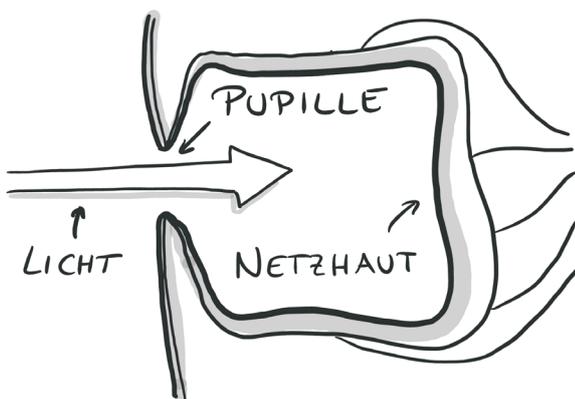
Maulwürfe (Abbildung 1), Tiefseefische (Abbildung 2) und Grottenolme (Abbildung 3) sehen sehr schlecht. Überlege mit der Sitznachbarin oder dem Sitznachbarn: Was haben diese drei Tiere noch gemeinsam?

Lebewesen haben unterschiedliche Augenformen. In Abbildung 4 siehst du eine uralte Tierart, ein sogenanntes Perlboot. Sein Auge hat einen einfachen Aufbau. Es besteht aus **Pupille** und **Netzhaut** und hat eine eher eckige Form wie Abbildung 5 zeigt. In Abbildung 6 siehst du den Aufbau eines menschlichen Auges. Beide Augenarten haben einen Lichteinlass (Pupille) und eine Fläche, auf der das Bild entsteht (Netzhaut).



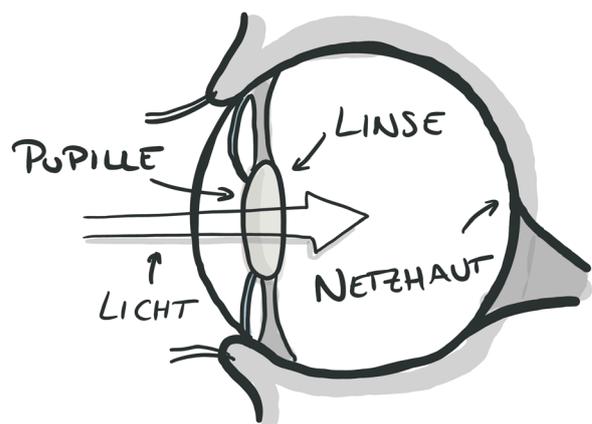
4 Perlboot

Markiere den Lichteinlass beim Perlboot in Abbildung 4.



CC BY-SA 4.0, Obczovsky

5 Auge eines Perlboots (Aufbau)



CC BY-SA 4.0, Obczovsky

6 Menschliches Auge (Aufbau)

In der Natur gibt es unterschiedliche Augenarten, viele funktionieren ähnlich: Wir sehen **Gegenstände**, **wenn von einem Gegenstand ein Bild auf der Netzhaut entsteht**. Dazu muss zuerst Licht vom Gegenstand ins Auge strömen. Auf der **Netzhaut** entsteht dann ein Bild. Das Bild wird ans **Gehirn** weitergeleitet. Dort entsteht dann ein Seheindruck.



Das Perlboot in Abbildung 7 sieht einen Fisch vor sich schwimmen. Erkläre, wie das funktioniert.



7 Das Perlboot sieht einen Fisch

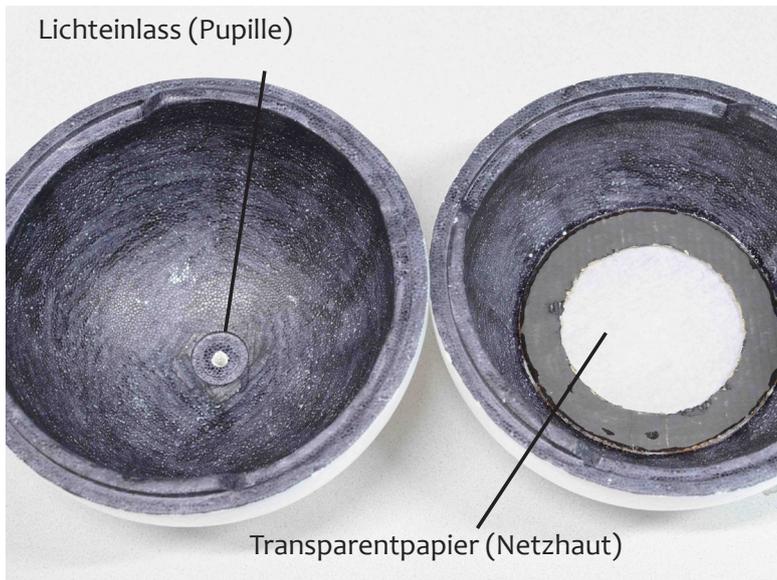
Ein Modellauge

Wir wollen nun ein einfaches **Modell-Auge** anschauen:

Das Modell-Auge ist ähnlich aufgebaut wie das Auge des Perlboots. In einer Kugelhälfte ist ein kleines Loch als Lichteinlass: Die Modell-Pupille (Abbildung 9). Im Auge entsteht das Bild auf der Netzhaut. Im Modell-Auge verwenden wir Transparentpapier als Modell-Netzhaut (Abbildung 8 und Abbildung 9). Das ist ein Trick. Transparentpapier eignet sich hier besser als normales Papier, weil es durchscheinend ist. So kannst du das Bild auch von außen betrachten, wie du in Abbildung 10 erkennen kannst.



8 Augen-Modell von außen



9 Augen-Modell von innen



10 Bild auf der Modell-Netzhaut



In Abbildung 5 siehst du das Auge eines Perlboots und in Abbildung 6 das Auge eines Menschen. Überlege mit der Sitznachbarin oder dem Sitznachbarn:

1. Welche Unterschiede fallen euch auf?
2. Wie müsstet ihr unser einfaches Modell-Auge erweitern, damit es ein noch besseres Modell für ein Menschenauge ist?

Das Modell-Auge bildet leuchtende Gegenstände gut auf der Modell-Netzhaut ab, wie du in Abbildung 12 erkennen kannst. Das Modell-Auge funktioniert dabei so wie das Auge des Perlboots in Abbildung 5: Die farbigen Lämpchen (LEDs) in Abbildung 11 senden Licht aus. Ein Teil des Lichts der kleinen Lämpchen (LEDs) strömt durch das Loch (Pupille) ins Auge und trifft auf das Transparentpapier (Netzhaut).



11 Leuchtobjekt



12 Bild auf der Modell-Netzhaut

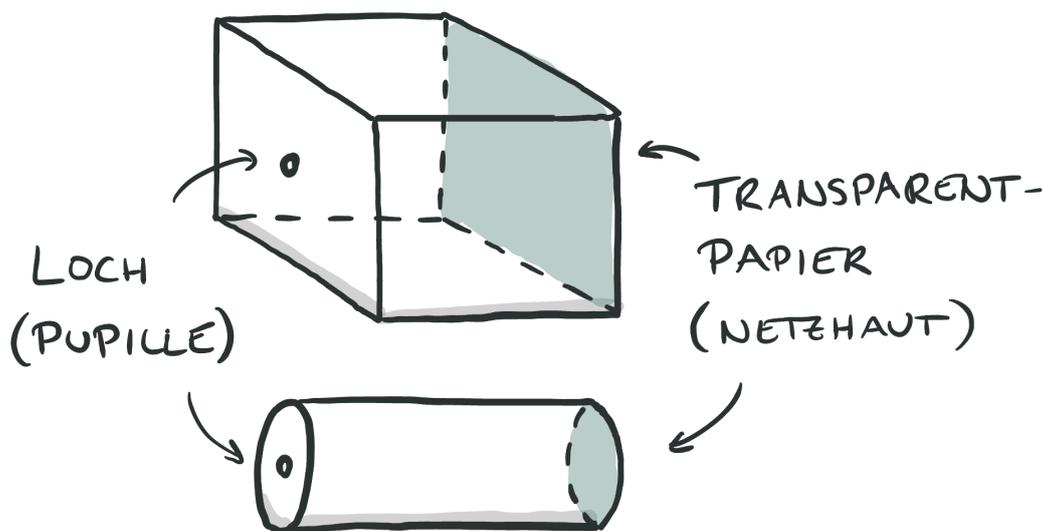


Vergleiche die kleinen Lämpchen in Abbildung 10 und 11 mit ihrem Bild auf der Modell-Netzhaut. Was fällt dir auf? Worin unterscheiden sich Bild und Leuchtobjekt?

Das Bild auf dem Transparentpapier in Abbildung 12 ist verkehrt herum. Das Bild auf der menschlichen Netzhaut steht auch auf dem Kopf. Das verkehrte Bild wird erst vom Gehirn „umgedreht“. Daher sehen wir alles aufrecht.

Mit dem Modell-Auge lässt sich gut zeigen, dass auf der Modell-Netzhaut nur ein **Bild** entstehen kann, wenn **Licht von Gegenständen durch die Öffnung (Pupille) ins Augeninnere** strömt. Das Auge ist also ein **Lichtempfänger**: Wenn Licht ins Innere des Auges gelangt, können Bilder entstehen. Damit können wir das Modell-Auge als **Nachweisgerät für Licht** einsetzen. Wir können damit überprüfen, ob ein Gegenstand überhaupt Licht aussendet. Weil ohne Licht gibt es kein Bild: **Von nix kommt nix**.

Die Augenform spielt für das Sehen keine Rolle. Das Auge des Perlboots ist eher würfelförmig, das Menschenauge eher kugelförmig. Statt einer Styroporkugel können wir für das Modell-Auge daher auch eine Schachtel oder Dose wie in Abbildung 13 verwenden. Mit einer Chipsdose kann man ganz einfach so ein Modell-Auge oder Nachweisgerät für Licht selbst basteln. Übrigens: So ein Modell-Auge oder Nachweisgerät für Licht nennen Physiker und Physikerinnen auch Lochkamera, dazu erfährst du später mehr.



13 Modell-Auge oder Nachweisgerät für Licht (Lochkamera) aus einer Box oder Dose

CC BY-SA 4.0, Obczovsky

Beobachtungen mit der Lochkamera

In dem folgenden Versuch wollen wir den **Sehvorgang** mit einer Lochkamera nachstellen. Die Lochkamera in Abbildung 4 und 5 ist ein Modell-Auge aus einer Chipsdose. Sie funktioniert so wie das Auge eines Perlboots. Licht strömt durch das Loch in die Lochkamera. Am Schirm (Transparentpapier) entsteht dann ein Bild des Gegenstandes. Bei unserem Augenmodell kann man noch den Abstand zwischen Loch und Schirm verändern.



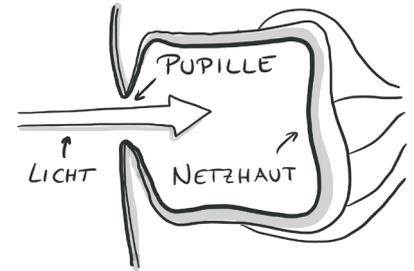
4 Lochkamera aus einer Pringles Dose



Was entspricht beim Modell-Auge in Abbildung 5 der Pupille und der Netzhaut des Perlboot-Auges in Abbildung 6?



5 Zerlegte Lochkamera



6 Auge eines Perlboots (Aufbau)

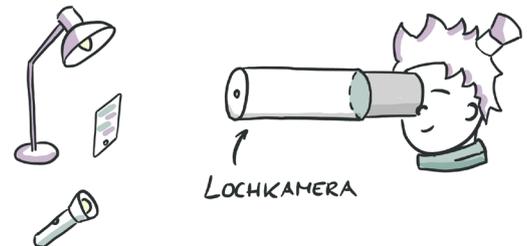
CC BY-SA 4.0, Obczovsky

Die Lochkamera ist so wie das Styroporauge ein Nachweisgerät für Licht. Du kannst damit überprüfen, ob Licht von einem Gegenstand in Richtung Lochkameraöffnung ausgesendet wird. Strömt Licht durch das Loch auf den Schirm der Lochkamera, dann kannst du ein Bild am Schirm erkennen. Sonst nicht. **Erinnere dich: Von nix kommt nix.** Ohne Lichteinfall kein Bild.

Willst du einen Gegenstand mit der Lochkamera beobachten, dann musst du die Kamera so halten, dass Licht von dem Gegenstand durch die Blendenöffnung strömen kann (wie in Abbildung 7).



1. Wähle ein paar selbstleuchtende Gegenstände (Selbstsender) aus und schaue sie **ohne** Lochkamera an.
2. Schaue dir danach dieselben Gegenstände mit der Lochkamera an, wie in Abbildung 7 dargestellt. Gehe dabei mit der Lochkamera nahe an diese Gegenstände ran, um ein deutliches Bild zu bekommen.
3. Wie unterscheidet sich, was du mit und ohne Lochkamera siehst?



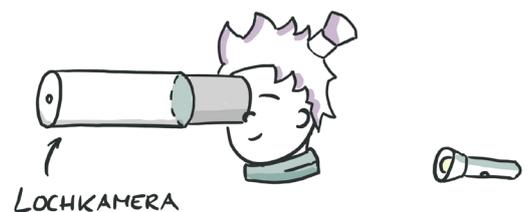
7 Beobachtung verschiedener Selbstsender durch die Lochkamera

CC BY-SA 4.0, Obczovsky



Schaue dir Abbildung 8 an. Kann die Person hier ein Bild der Taschenlampe am Transparentpapier der Lochkamera wahrnehmen?

1. Notiere eine Vermutung.
2. Begründe deine Vermutung.
3. Stelle den Versuch nach und notiere deine Beobachtung.
4. Stimmt deine Vermutung?
5. Wie musst du die Lochkamera halten, damit du die Taschenlampe sehen kannst? Skizziere diesen Vorgang.



8 Beobachtung durch die Lochkamera

CC BY-SA 4.0, Obczovsky

Ein **selbst-leuchtender Gegenstand** (Selbstsender) sendet **Licht in alle Richtungen** aus.

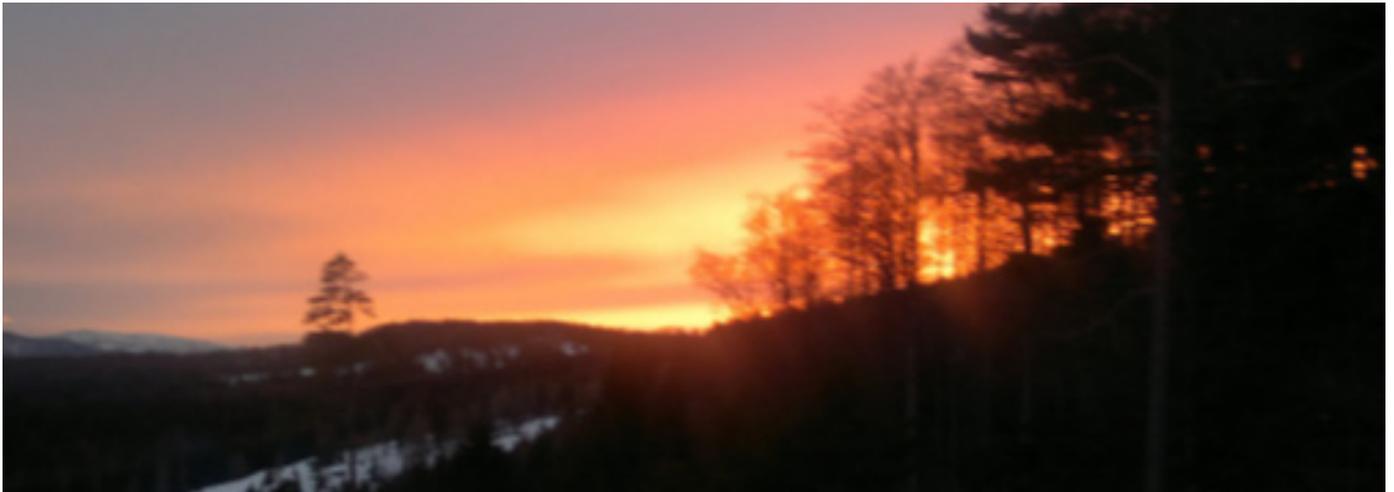
Strömt ein Teil dieses Lichts in dein Auge, dann entsteht ein Bild des Gegenstandes auf der Netzhaut, (wie in Abbildung 1). Du siehst den Gegenstand.

3 Das Sehen beleuchteter Gegenstände

Wir wissen schon, wie wir selbstleuchtende Gegenstände (Selbstsender) sehen können. In diesem Kapitel erfährst du, warum wir auch Gegenstände (Zwischensender) sehen, die nicht von selbst leuchten. Dabei gibt es viele Ähnlichkeiten zum Sehen von Selbstsendern.



Überlege: Wo befindet sich die Sonne in Abbildung 1?



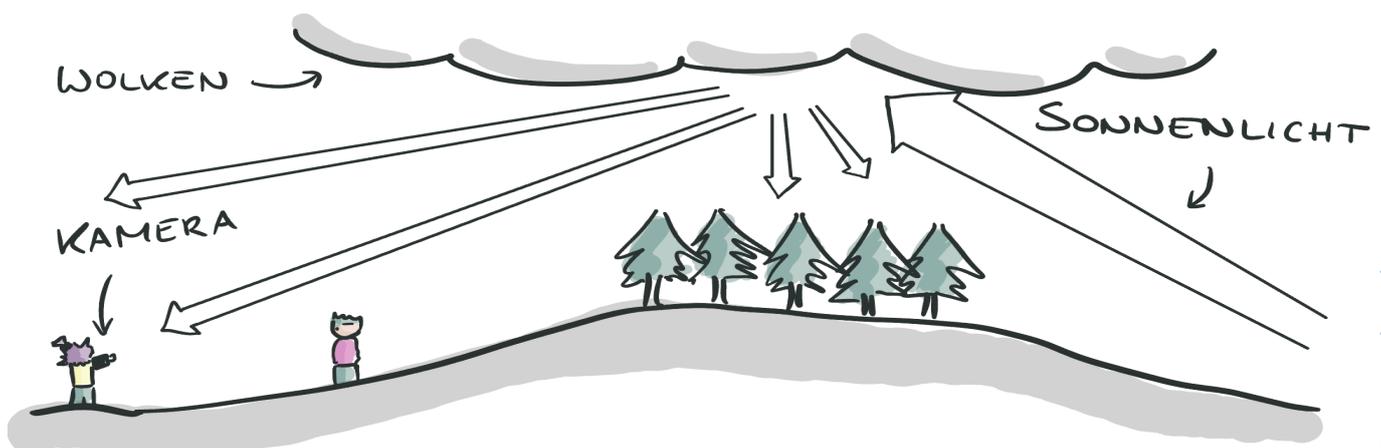
1 Foto von Wolken nach dem Sonnenuntergang

Das Foto in Abbildung 1 wurde aufgenommen, nachdem die Sonne hinter den Bergen untergegangen war. Die Wolken leuchten hell, obwohl sie **selbst kein Licht erzeugen**. Kerzenflammen, Lampen oder die Sonne erzeugen hingegen selbst Licht. Sie sind Selbstsender. Die Wolken in Abbildung 1 leuchten deshalb, weil die Sonne sie anstrahlt. In Abbildung 2 ist dargestellt, wie die Wolken das **Licht** von der Sonne **weetersenden**. Ein Teil dieses Lichts, das von den Wolken kommt, strömt in die Kamera. Daher sind die Wolken am Foto hell, obwohl die Wolken selbst kein Licht erzeugen. Die Wolken sind hier also Zwischensender.



Überlege:

Suche mich in Abbildung 2. Kann ich die Person mit der Kamera sehen? Begründe deine Antwort und zeichne den Lichtweg in Abbildung 2 ein.



CC-BY-SA 4.0, Obczovsky

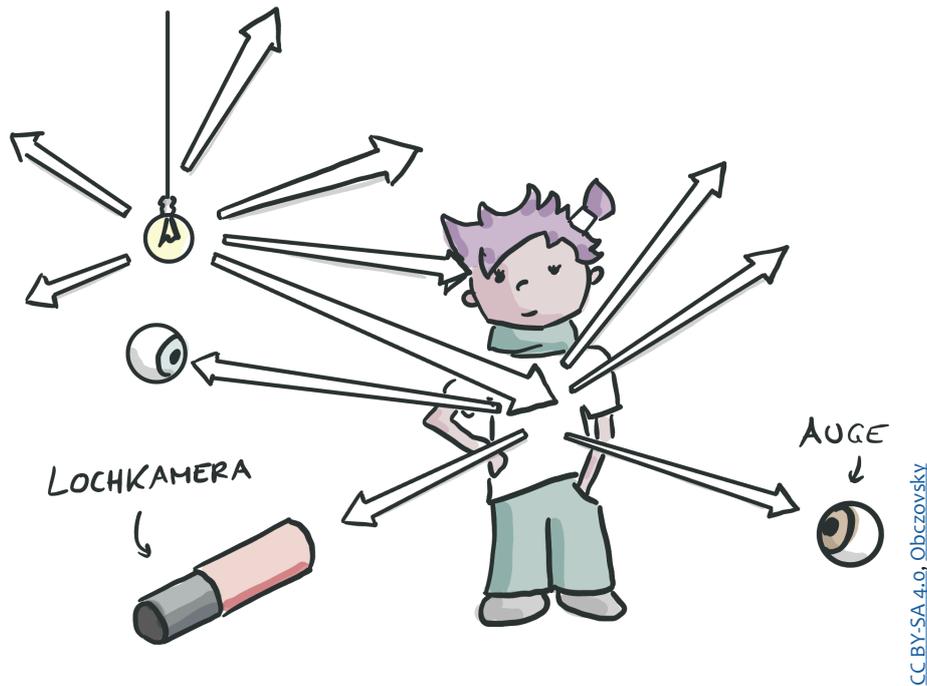
2 Die Sonne strahlt die Wolken an. Diese senden einen Teil des Lichts weiter. Ein Teil des Lichts strömt in die Kamera. So kann das Bild, das du in Abbildung 1 siehst, entstehen.

Der folgende Versuch soll dir zeigen, dass Gegenstände, die kein Licht erzeugen, auch Licht aussenden können.



In einem abgedunkelten Raum wird eine Person mit weißem T-Shirt mit der Lochkamera beobachtet (siehe Abbildung 3). Danach wird die Person mit einer starken Lampe (z.B. Projektor, Beamer) beleuchtet und wieder mit der Lochkamera beobachtet. Wir nutzen die Lochkamera als Nachweisgerät dafür, dass ein Gegenstand Licht aussendet.

Beschreibe, wie sich die Beobachtungen mit und ohne starker Lampe unterscheiden. Strahlt das weiße T-Shirt Licht ab? Wie kannst du das nachweisen? Stimmt hier „Von nix kommt nix“ auch? Erläutere deine Entscheidung.



3 Die Lampe sendet Licht in alle Richtungen aus. Ein Teil des Lichts trifft auf das weiße T-Shirt. Das T-Shirt sendet das Licht in alle Richtungen weiter.



Ein Baum steht im Sonnenlicht. Du siehst ihn. Warum kannst du ihn sehen? Zähle **alle** Punkte auf, die dafür nötig sind. Mache eine Skizze mit dir, dem Baum und der Sonne. Zeichne die Lichtwege ein.



Silvija hat zum Geburtstag ein neues Fahrrad bekommen. Nun soll das Rad verkehrssicher gemacht werden. Im Fahrradgeschäft gibt es verschiedene Fahrradlichter und Katzenaugen.

1. Überlegt: Was davon sind Selbstsender und was sind Zwischensender?
2. Wann sind Fahrradlichter sinnvoll und wann Katzenaugen? Sammelt so viele Situationen wie möglich aus dem Straßenverkehr. Macht eine Tabelle.
3. Recherchiert im Internet, welche Vorschriften für Fahrräder im Straßenverkehr in Österreich gelten. Überlegt euch zuerst für die Recherche sinnvolle Suchbegriffe. Überlegt euch auch, welche Art von Webseiten hier vermutlich verlässliche Infos enthalten. Notiert eure Überlegungen.

**BIG
IDEA**

Trifft Licht auf einen Gegenstand, sendet der Gegenstand **Licht in alle Richtungen** weiter. Dieser beleuchtete Gegenstand ist ein Zwischensender für Licht. Strömt ein Teil dieses Lichts in dein Auge, dann entsteht ein Bild des Gegenstandes auf der Netzhaut.

4 Lichtsender

Der Mond strahlt sehr hell. Fast wie eine Lampe am Himmel.

In diesem Kapitel erfährst du, ob der Mond selbst Licht aussendet und was eigentlich der Unterschied zwischen einem Selbstsender und einem Zwischensender ist.



Ich glaube, der Mond leuchtet von selbst, sonst kann der doch nie so hell leuchten. Ich glaube er ist ein Selbstsender.



Ich glaube, der Mond wird nur von der Sonne angestrahlt. Er ist ein Zwischensender.



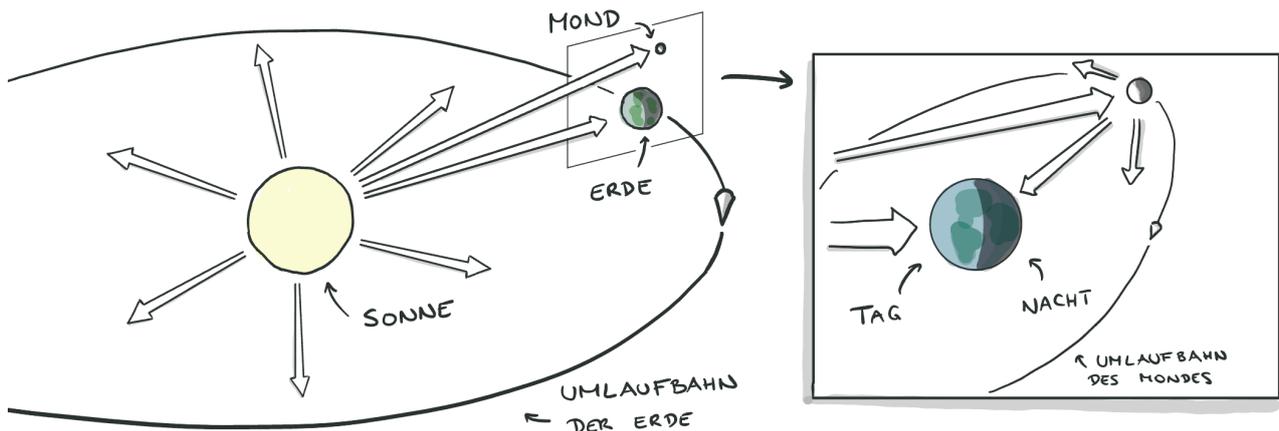
Was meinst du? Begründe deine Entscheidung.



1 Der Mond leuchtet in der Nacht manchmal sehr hell.

Der Mond ist ein Zwischensender. Er erzeugt selbst kein Licht. Die Sonne strahlt Licht auf den Mond. Er sendet dieses Sonnenlicht in alle Richtungen weiter.

Die Erde bewegt sich um die Sonne. Der Mond bewegt sich um die Erde. In Abbildung 2 ist dargestellt, wie sich Erde und Mond gemeinsam um die Sonne bewegen.



2 Der Mond bewegt sich um die Erde und die Erde um die Sonne. Der Mond sendet das Licht der Sonne weiter.

Selbstsender und **Zwischensender** sind Lichtsender, weil beide Licht aussenden. Für unser Auge funktioniert das Sehen eines Selbstsenders **ganz gleich** wie das Sehen eines Zwischensenders. Dazu muss immer Licht vom Lichtsender direkt ins Auge strömen. **Selbstsender erzeugen Licht selbst.**

Die Sonne, die Erde und der Mond sind so **weit voneinander entfernt**, dass es unmöglich ist ihre Entfernung und Größe in einem Buch richtig darzustellen. Um das 100 Millionen-fache verkleinert hätte die Erde einen Durchmesser von etwa 12 cm, der Mond ungefähr 3 cm und die Sonne wäre mit 14 m so groß wie ein dreistöckiges Gebäude.



3 Mond



Schau dir auf einem Lineal an, wie groß 12 cm und 3 cm sind. Welche kugelförmigen Dinge fallen dir ein, die ähnlich groß sind?



Wir verwenden nun eine Kugel mit 3 cm Durchmesser als Modell für den Mond und eine Kugel mit 12 cm Durchmesser als Modell für die Erde.

1. Stellt euch vor, wir schrumpfen das Weltall, bis die Erde so groß ist wie die größere Kugel (Modell-Erde). Legt die beiden Kugeln so weit voneinander entfernt auf, wie ihr glaubt, dass nun der Mond von der Erde entfernt ist. Messt den Abstand.
2. Gebt auch eine Schätzung für die dazugehörige Entfernung der Sonne ab.
3. Die tatsächlichen Werte findet ihr ganz unten auf Seite 12. Legt die Kugeln im angegebenen Abstand auf. Wie passen die Wert zu eurer Schätzung?

Mondphasen

Der Mond erscheint am Himmel nicht immer rund, sondern in unterschiedlichen Formen. Die Sonne beleuchtet immer **die Hälfte der Mondkugel**. Daher ist auch immer nur die Hälfte der Mondkugel Zwischensender für das Sonnenlicht. Wie viel du vom Mond siehst, hängt davon ab, aus welcher Position du auf die beleuchtete Mondhalbkugel schaust. Wenn du von vorne draufschaust, dann siehst du eine helle Kreisfläche. Wenn du seitlich auf den Mond schaust, dann siehst du nur mehr einen Teil der Kreisfläche hell beleuchtet. Da sich der Mond in etwa einem Monat um die Erde bewegt, sehen wir ihn oft ganz unterschiedlich. Wir sprechen dabei von Mondphasen.



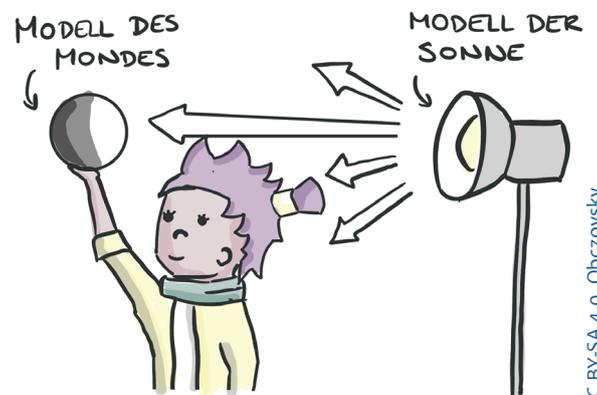
4 Verschiedene Mondphasen

CC BY-SA 3.0, [Orion 8](#)



Recherchiere im Internet, wie die Mondphasen in Abbildung 4 genannt werden.

Der folgende Versuch hilft dir, die Entstehung der Mondphasen zu verstehen. Du benötigst eine Lampe, ein abgedunkeltes Zimmer und einen hellen Ball oder eine Styroporkugel.

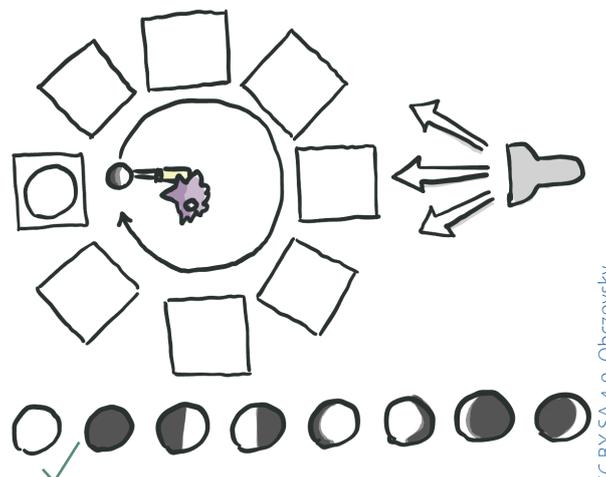


5 Halte den Ball nach oben und dreh dich im Kreis.

CC BY-SA 4.0, [Obczovsky](#)



1. Halte den Ball wie in Abbildung 5 mit ausgestrecktem Arm schräg von dir weg nach oben.
2. Stelle dich im abgedunkelten Zimmer in die Nähe der Schreibtischlampe. Die Lampe soll auf den Ball gerichtet sein. Du bist nun die Erde, der Ball ist der Mond, die Lampe ist die Sonne. Achte darauf, dass der Ball immer über deinem Kopf ist. Sonst machst du einen Schatten auf den Ball.
3. Drehe dich langsam um dich selbst. Der Ball soll sich um dich genauso bewegen, wie sich der Mond um die Erde bewegt. Du bist die Erde, der Ball ist der Mond und die Lampe soll die Sonne darstellen. Wie verändert sich der Schatten auf dem Ball. Beschreibe deine Beobachtung.
4. Zeichne in den Quadraten in Abbildung 6 die verschiedenen Mondsymbole an den Stellen ein, an denen du die jeweilige Schattenform am Ball beobachtet hast. Das erste ist bereits eingezeichnet.



6 Zeichne in die Quadrate die passende Schattenform ein.

CC BY-SA 4.0, [Obczovsky](#)

5 Die Ausbreitung von Licht

Licht umgibt uns ständig. In diesem Kapitel erfährst du, wie sich das Licht eigentlich ausbreitet, woher es kommt, wohin es strömt, wie weit es strömt und was das mit einem Spiegel am Mond zu tun hat.

Licht strömt

Wir überlegen uns am Beispiel einer Taschenlampe, wie **sich Licht ausbreitet**. Wenn wir die Taschenlampe einschalten, bringt die elektrische Energie der Batterien die Lampe zum Leuchten. Die eingeschaltete Lampe gibt ständig Licht ab, ähnlich wie ein aufgedrehter Wasserhahn. Da fließt auch ständig die gleiche Wassermenge heraus. Der Unterschied ist: Licht strömt viel, viel, viel schneller als Wasser. Daher können wir nicht wahrnehmen, dass ein Lichtsender ununterbrochen eine gewisse Menge Licht in alle Richtungen abstrahlt. Licht steht nie still, Licht strömt ständig wie das Wasser aus dem Wasserhahn. Weil Licht so schnell ist, wirkt es so, als wäre das Licht nach dem Einschalten sofort überall. Ein Lichtsender sendet also **ununterbrochen eine gewisse Menge Licht aus**. Dieses Licht strömt weg vom Sender in alle Richtungen.

Beschreibe, was dir zum Zeitwort „strömen“ einfällt. Wie passt das zu Licht?

Rechts ist eine Filmleiste mit den Abbildungen 1 - 5. In welchen Abbildungen sieht Lou das Licht der Taschenlampe?

Du kannst dir einen **Lichtstrom** als viele kleine Lichtstöße hintereinander vorstellen. Ein Stroboskop ist ein Gerät, das viele kurze Lichtstöße erzeugt. Dabei wird ein Lämpchen kurz eingeschaltet und gleich darauf wieder ausgeschaltet.

Deine Lehrkraft beleuchtet eine Wand mit einem Stroboskop. Dabei siehst du auf der Wand eine besonders helle Stelle: Einen Lichtfleck. Beobachte was mit dem Lichtfleck passiert, wenn die Lichtstöße in kürzeren Abständen kommen (höhere Frequenz).

1. Wann kommt an der Wand mehr Licht innerhalb von einer bestimmten Zeitdauer an, wenn der Lichtfleck blinkt, oder wenn er „ruhig auf der Wand liegt“?
2. Dieser Lichtfleck wird mit steigender Frequenz immer „ruhiger“. Er sieht dann fast so aus, als ob die Beleuchtung des Stroboskops ständig eingeschaltet wäre. Woher kommt das? Formuliere eine Vermutung.

Überlege und formuliere eine Antwort: Wie ist das mit der Lichtströmung bei der Sonne, wie beim Mond? Wann strömt Licht, wann nicht?



Licht strömt schnell

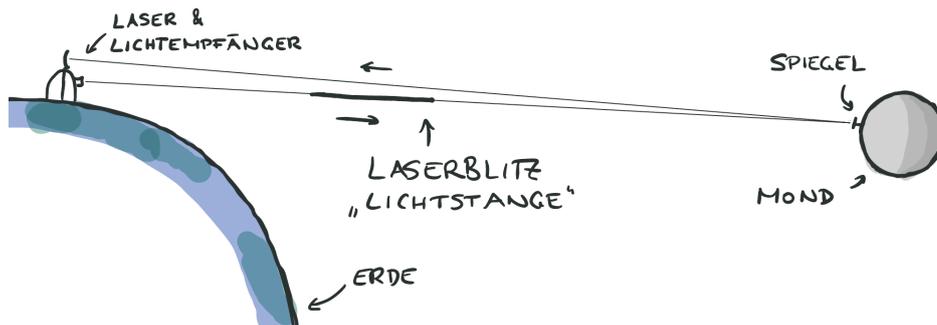
Licht strömt sehr schnell. Das merkst du jedes Mal, wenn es ein Gewitter gibt. Zuerst siehst du den Blitz und erst später hörst du den Donner. Für beides gilt: **Von nix kommt nix**. Das Licht vom Blitz kommt früher in deinen Augen an, als der Schall vom Donner in deinen Ohren. Beides, Licht und Schall, haben aber denselben Weg. Also muss Licht schneller unterwegs sein. Auch Schall ist sehr schnell, schneller als ein Passagierflugzeug.

Licht ist ungefähr 1 Million Mal schneller als der Schall.

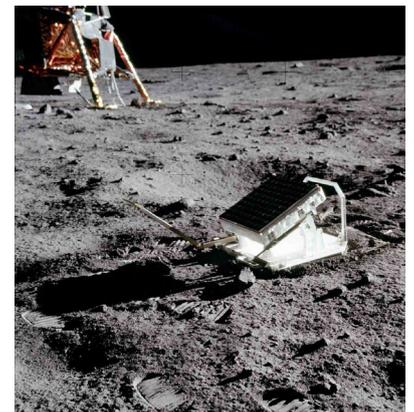
Die Erde ist etwa 380.000 km vom Mond entfernt. Erinnere dich an Kapitel 4: Wenn du die Erde auf 12 cm schrumpfst, wäre der Mond 3 cm groß und 3,8 m von der Erde entfernt. Licht braucht von der Erde bis zum Mond und zurück ungefähr 2,5 Sekunden. Mit einem starken Laser (Abbildung 7) wird ein Lichtblitz von der Erde zum Mond gesendet. Der Spiegel (Abbildung 8) sendet den Lichtblitz wieder zurück zur Erde. Auf der Erde kann man diesen Lichtblitz dann sehen oder mit einem Lichtempfänger nachweisen. **Das Licht legt pro Sekunde etwa 300.000 Kilometer zurück.**



7 Laser in Bayern, um den Abstand von Erde und Mond zu bestimmen.



6 Ein Laserblitz wird von der Erde zu einem Spiegel am Mond gesendet. Das Licht wird am Spiegel reflektiert und strömt zurück zur Erde. Die Zeit, die das Licht hin und her braucht, wird gemessen.



8 Spiegel am Mond.

Licht strömt geradlinig

Wenn sich eine Freundin hinter einer Häusercke versteckt, kannst du sie hören, aber nicht sehen. Das Licht, das deine Freundin weitersendet, kann nicht in dein Auge gelangen. Denn Licht strömt immer auf geradlinigen Wegen, es macht keine Kurven und kein Zickzack. Das **Licht nimmt einen geradlinigen Weg** von der Freundin zum Auge.

Für alle Sender gilt: **Das Licht strömt vom Sender geradlinig weg in alle Richtungen.**

Licht strömt weiter und weiter und weiter ...

Lightwoman lebt in der Stadt Bulb City. Wenn Lightwoman gebraucht wird, erscheint das Symbol einer Glühbirne am Himmel (Abbildung 9). Dafür steht auf dem Dach eines Hauses ein sogenannter Skybeamer. Das ist ein starker Scheinwerfer, der Licht Richtung Himmel sendet. Dabei ist auch der Lichtkegel des Skybeamers sichtbar. Wir können diesen Lichtkegel auch sehen, wenn uns der Skybeamer nicht direkt anstrahlt. Aber wie geht das? Das passt gar nicht zu unserem Motto „Von nix kommt nix“.



9 Das Lightwoman-Symbol am Himmel

Irgendwie muss also doch Licht vom Skybeamer zu uns kommen. Die Wassertröpfchen in der Luft sind dafür verantwortlich. Sie sind Zwischensender und senden einen Teil des Lichts in alle möglichen Richtungen weiter. Physikerinnen und Physiker sagen dazu: Die Wassertropfen streuen das Licht des Scheinwerfers. Durch diese **Lichtstreuung** strömt Licht in deine Augen, so siehst du den Lichtkegel.



Überlegt gemeinsam und formuliert eine Erklärung:

1. Wie würde der Lichtkegel in Abbildung 10 aussehen, wenn keine Wassertröpfchen oder Staubteilchen in der Luft wären?
2. Warum kannst du das Lightwoman-Symbol in Abbildung 9 am Himmel sehen?
3. Wie muss das Wetter in Bulb City sein, um das Lightwoman-Symbol am Himmel sehen zu können?
4. Wie ändert sich die Helligkeit im oberen Teil des Lichtkegels in Abbildung 10?

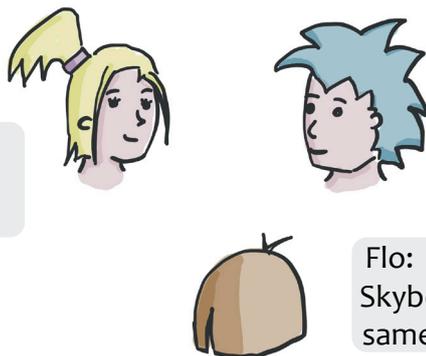


10 Lichtkegel eines Skybeamers



Georg, Flo und Anna diskutieren darüber, wie weit sich das Licht von so einem Skybeamer in Abbildung 11 ausbreiten kann.

1. Wie beurteilst du diese Aussagen? Begründe deine Entscheidung.
2. Formuliere einen Merksatz darüber, wie weit sich Licht ausbreiten kann.



Anna: Theoretisch kann sich das Licht bis ins Weltall und weiter ausbreiten.

Georg: Das hängt nur davon ab, wie stark der Skybeamer ist.

Flo: Je weiter sich Licht vom Skybeamer entfernt, umso langsamer wird es.



Roman hat zu seinem Geburtstag einen extrem starken, grünen Laserpointer bekommen. Sein Opa hat den Laser im Internet bestellt. Seine Mutter will nicht, dass Roman damit direkt jemanden anleuchtet, weil das gefährlich ist. Deswegen spielt Roman nur abends im Freien mit dem Laser, wenn es dunkel ist und die anderen Kinder schon in ihren Häusern sind.

Überlegt gemeinsam:

1. Was wisst ihr über die Gefährlichkeit von Laserpointern allgemein und von grünen Lasern im Speziellen? Tauscht euch erst aus und recherchiert dann im Internet. (Quellenangaben nicht vergessen!)
2. Wie sinnvoll ist die Idee, dass Roman nur abends im Freien mit dem Laser spielen darf? Findet möglichst viele Argumente, die dafür und dagegen sprechen.
3. Wieso sieht man die Laserstrahlen in Abbildung 12? Erinnert euch an den Skybeamer. Formuliert eine Erklärung.



11 Gefahrensymbol für Laser



12 Verschiedenfarbige Laser

6 Die Zusammensetzung von Licht - Lichtfarben

Erinnere dich: Licht strömt vom Lichtsender geradlinig und ununterbrochen in alle Richtungen. Jetzt wollen wir uns anschauen, wie Licht zusammengesetzt ist. Nach den nächsten Kapiteln sollst du nämlich erklären können, warum wir Gegenstände in verschiedenen Farben sehen können.

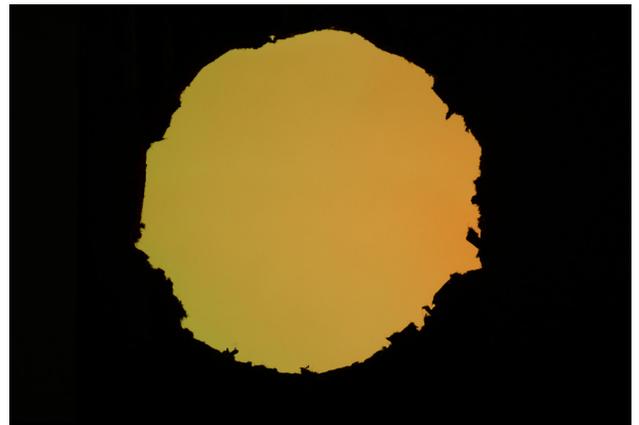
Der folgende Versuch soll dir helfen, weitere Eigenschaften von Licht zu erkunden.

In Abbildung 1 siehst du eine Schachtel mit einem großen Loch. Durch das Loch kannst du die beleuchtete Rückwand im inneren der Schachtel sehen.

Beschreibe, welche Lichtfarbe du siehst. Stelle eine Vermutung auf, welcher Lichtsender in der Schachtel ist.



1 Schachtel mit Loch



2 Blick durch das Loch in die Schachtel

In Abbildung 3 und 4 auf Seite 15 siehst du das innere der Schachtel. Beschreibe, was du siehst. Beschreibe die Wege und die Farben der Lichtkegel.

Du siehst also, es gibt verschiedene Lichtfarben und diese Lichtfarben kann man mischen. Die Lichtkegel der grünen und der roten Lampe werden zusammengemischt, wenn sich ihr Licht an einer Stelle trifft. Eine neue Lichtfarbe entsteht. Das geht natürlich auch mit anderen Lichtfarben.

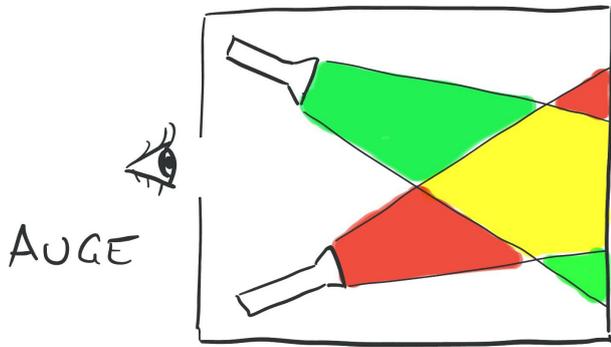
Auch auf der Netzhaut in unseren Augen werden Lichtfarben zusammengemischt. In unseren Augen gibt es Lichtempfänger für die drei Lichtfarben: Rot, Grün und Blau. Diese drei Lichtfarben reichen, um im Gehirn Farbeindrücke von allen Lichtfarben zu erhalten.

Die folgende Animation soll dir zeigen, wie wir die Mischung verschiedener Lichtfarben wahrnehmen. Scanne dafür den QR-Code oder klicke [hier](#).

1. Welche Lichtfarben musst du zusammenmischen, damit der Farbeindruck weiß entsteht? Beschreibe, wie du vorgehst.
2. Finde heraus, welche Farbeindrücke die Kombinationen von Lichtfarben (siehe Tabelle) im Gehirn auslösen. Beschreibe, wie du vorgehst.

Grundfarben			Farbeindruck
■	■	■	
■	■	■	
■	■	■	
■	■	■	

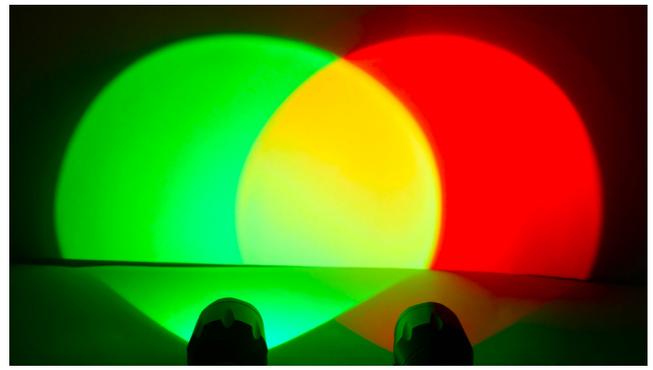




AUGE

CC-BY-SA 4.0, Obczovsky

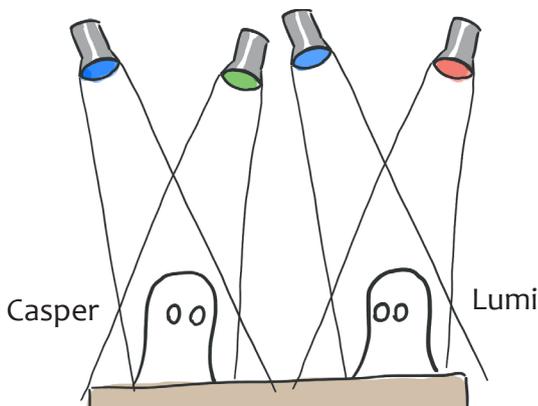
3 Das Innere der Schachtel



4 Wo rotes und grünes Licht zusammengemischt werden, entsteht gelbes Licht.

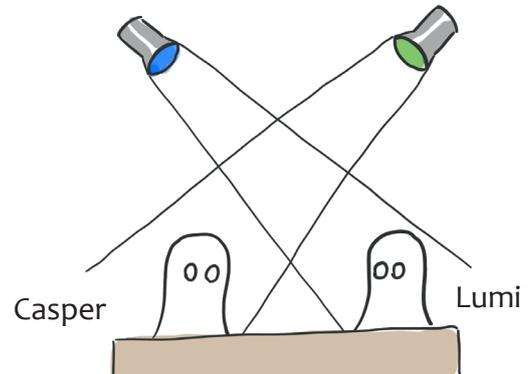
Im Theaterstück Casper wird der Geist mit einem blauen und einem grünen Scheinwerfer gleichzeitig beleuchtet. Seine Freundin Lumi wird mit einem blauen und einem roten Scheinwerfer gleichzeitig beleuchtet. Abbildung 5 zeigt die Szene.

1. In welcher Farbe erscheinen der Geist Casper und seine Freundin Lumi? Stelle eine Vermutung auf.
2. Plane einen Versuch mit dem du deine Vermutung überprüfen kannst.
 - a. Überlege dir, womit du die Geister darstellst. Welche Eigenschaften müssen die Modell-Geister haben?
 - b. Überlege dir, womit du die Scheinwerfer nachahmst. Welche Eigenschaften müssen die Modell-Scheinwerfer haben?
3. Führe den Versuch durch und beschreibe deine Beobachtung. Vergleiche deine Beobachtung mit deiner Vermutung.
4. Formuliere eine Erklärung für deine Beobachtung.



CC-BY-SA 4.0, Obczovsky

5 Casper wird von einem grünen und blauen Scheinwerfer beleuchtet. Lumi von einem blauen und roten Scheinwerfer.



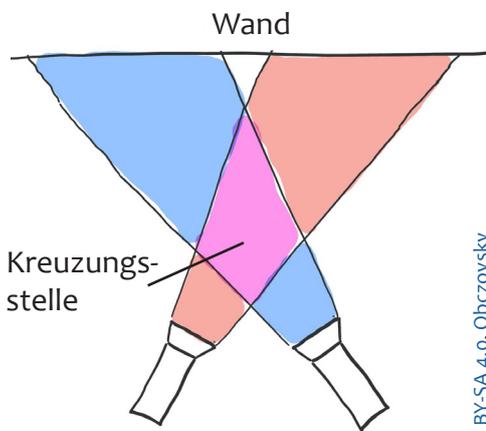
CC-BY-SA 4.0, Obczovsky

6 Casper wird von einem grünen und Lumi von einem blauen Scheinwerfer beleuchtet.

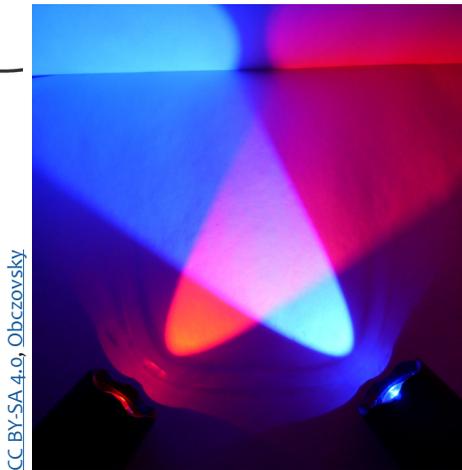
In einer anderen Szene wird Casper von einem grünen und Lumi von einem blauen Scheinwerfer beleuchtet (Abbildung 6). Die Lichtkegel der beiden Scheinwerfer kreuzen sich jedoch.

1. In welcher Farbe erscheinen der Geist Casper und seine Freundin Lumi? Stelle eine Vermutung auf.
2. Plane einen Versuch mit dem du deine Vermutung überprüfen kannst. Überlege dir womit du die Geister darstellst. Welche Eigenschaften müssen die Modell-Geister haben?
3. Führe den Versuch durch und beschreibe deine Beobachtung. Vergleiche deine Beobachtung mit deiner Vermutung.
4. Formuliere eine Erklärung für deine Beobachtung.
5. Der blaue Scheinwerfer fällt plötzlich aus. Wie ändert sich der Lichtfleck des grünen Scheinwerfers auf Casper?
 - a. Stelle eine Vermutung auf.
 - b. Stelle die Situation im Versuch nach und beschreibe deine Beobachtung.
 - c. Was passiert, wenn sich Lichtkegel kreuzen? Formuliere einen allgemeinen Satz.

Ähnlich wie im Schachtelexperiment kreuzen sich die verschiedenfarbigen Lichtkegel in den Abbildungen 7, 8 und 9. Von beiden Lampen strömt gleichzeitig Licht durch die Kreuzungsstelle. Du siehst: Verschiedene Lichtfarben können zusammengemischt werden. Sie ergeben an der Kreuzungsstelle eine neue Lichtfarbe. Nach der Kreuzungsstelle hat jeder Lichtkegel wieder seine ursprüngliche Lichtfarbe, so als hätten sie sich nie gekreuzt.



7 Zwei Lichtkegel kreuzen sich.



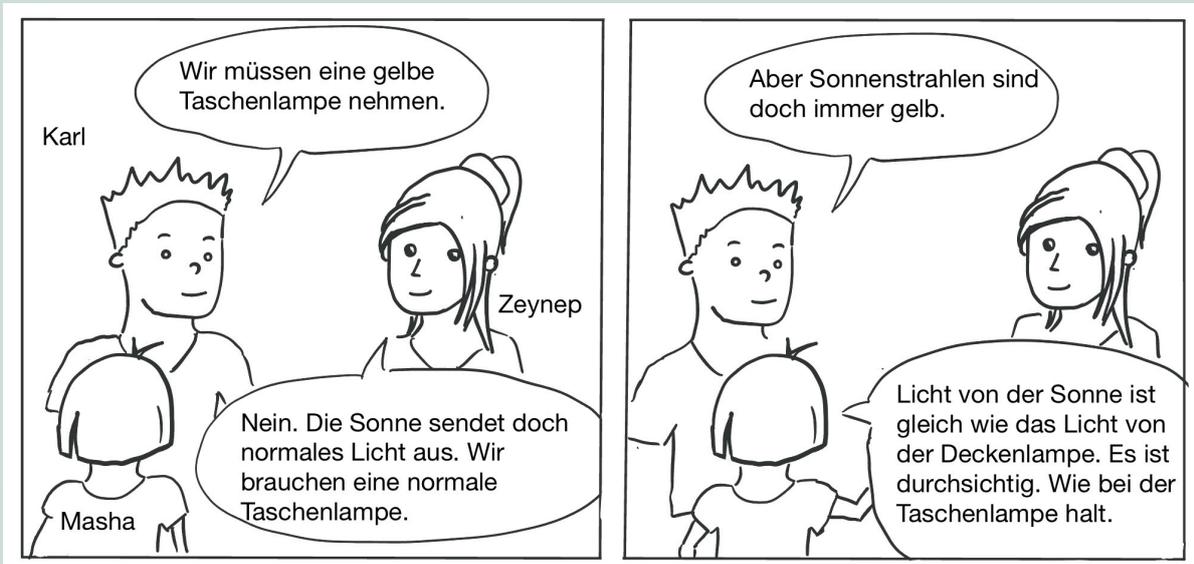
8 Ein blauer und ein roter Lichtkegel kreuzen sich.



9 Ein roter und ein grüner Lichtkegel kreuzen sich.

In der nächsten Szene im Theaterstück wird es Tag und die Geister werden von der Sonne angestrahlt. Zeynep, Karl und Masha wollen diese Szene nachstellen. Sie diskutieren, was sie als Modell der Sonne verwenden können.

1. Wer hat recht? Diskutiert in der Gruppe.



2. Die Geister sollen bei Tageslicht weiß erscheinen. Schau dir dafür deinen Modell-Geist im Sonnenlicht an. Beleuchte den Modell-Geist mit verschiedenen farbigen Lichtsendern. Bei welchem Lichtsender sieht der Modell-Geist ähnlich aus wie in der Sonne.

In Räumen verwenden wir oft Lichtsender, die dem Sonnenlicht sehr ähnlich sind. Sonnenähnliche Lichtsender machen auf einem weißen Blatt oder einer weißen Wand einen hellen, weißen Lichtfleck. Aus diesem Grund sagen Physikerinnen und Physiker zu sonnenähnlichem Licht auch „weißes Licht“. Gelbe Lichtsender machen einen gelblichen Lichtfleck auf einer weißen Wand. Gelbes Licht und Sonnenlicht (= weißes Licht) sind verschieden.

Es gibt verschiedene **Lichtfarben**. Diese Lichtfarben können zu anderen Lichtfarben **zusammengemischt** werden. In der Physik nennen wir zu Sonnenlicht bzw. sonnenähnlichem Licht weißes Licht. Weißes Licht macht auf einem weißen Blatt Papier einen hellen, weißen Lichtfleck.

7 Zusammensetzung von sonnenähnlichem Licht

Erinnere dich: Lichtfarben kann man mischen. Jetzt wollen wir uns anschauen, woraus sich sonnenähnliches Licht zusammensetzt.

Manchmal sieht man an Wänden oder auf Böden Lichtflecken in den Farben des Regenbogens (Abbildung 1). Zum Beispiel in Räumen mit Kristalllustern (Abbildung 2), wenn die Sonne zum Fenster hereinscheint.



1 Lichtflecken an der Wand. Manche Lichtflecken sind in den Farben des Regenbogens.



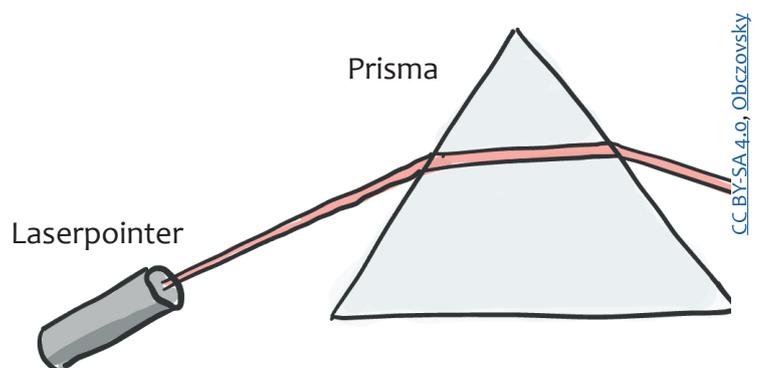
2 Kristallluster

Beschreibe die Lichtfarben des Lichtflecks in Abbildung 1.

Die bunten Lichtflecken kommen daher, dass Sonnenlicht die Mischung aus verschiedenen Lichtfarben ist. Unser Auge kann diese verschiedenen Lichtfarben aber nicht getrennt wahrnehmen. Erinnere dich: Unser Auge nimmt weißes Licht wahr, wenn ungefähr gleich viel rotes, grünes und blaues Licht auf unsere Netzhaut trifft.

Die folgenden Versuche zeigen dir, wie der Lichtfleck des Kristallusters entsteht. Wir wollen mit einem Prisma Sonnenlicht in die verschiedenen Lichtfarben zerlegen. Ein Prisma ist ein kleiner Kunststoff- oder Glaskörper mit einem Dreieck als Grundfläche (Abbildung 3). Das ist wie ein sehr einfacher Kristall in einem Kristallluster.

Wenn Licht schräg ins Prisma strömt oder schräg aus dem Prisma herausströmt, dann ändert das Licht seinen Weg. Es macht einen Knick. Um dir das besser vorstellen zu können, betrachte Abbildung 4: Ein roter Laserstrahl wird zweimal an der Grenze zwischen Glas und Luft geknickt. Physikerinnen und Physiker sagen dazu: Das Licht wird gebrochen.

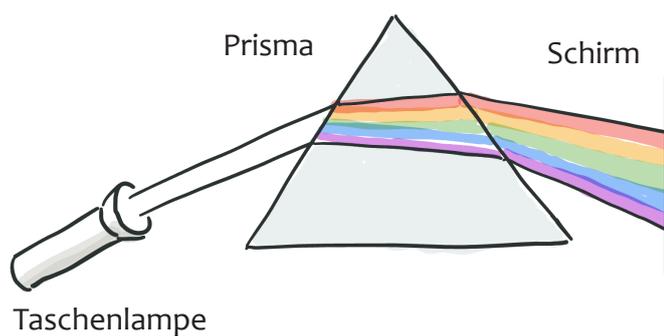


4 Ein roter Laser wird zweimal an der Grenze zwischen Glas und Luft geknickt.

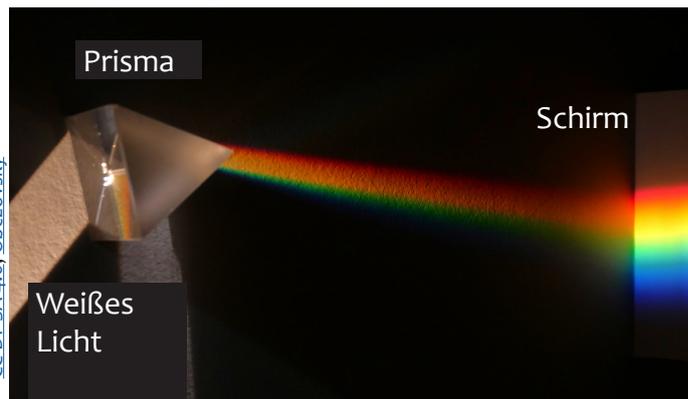
Zeichne in Abbildung 4 ein, wie der Laserstrahl ohne Prisma verlaufen würde.

Aber warum können wir mit dem Prisma die Zusammensetzung von Licht untersuchen? Dazu musst du Folgendes wissen: Die verschiedenen Lichtfarben werden unterschiedlich stark gebrochen.

In den Abbildungen 5 und 6 siehst du: Weißes Licht strömt aus einer Taschenlampe schräg auf das Prisma. Die verschiedenen Lichtfarben werden an der Grenze zwischen Luft und Glas unterschiedlich stark gebrochen. Dadurch wird das Licht in die Regenbogenfarben zerlegt.



Taschenlampe



6 Das Prisma zerlegt weißes Licht in die Farben des Regenbogens.

5 Wenn weißes Licht auf ein Prisma trifft, wird das Licht in verschiedene Lichtfarben zerlegt.

Die folgende Animation zeigt in Super-Super-Zeitlupe (Licht ist ja sehr schnell), wie die unterschiedlich farbigen Lichtkegel durch das Prisma wandern. Damit du besser nachvollziehen kannst, wie die Lichtfarben durch das Prisma strömen, sind von den Lichtstrahlen nur einzelne Punkte dargestellt.



Sieh dir die Animation an. Scanne dafür den QR Code oder klicke [hier](#).

Beschreibe den Lichtweg der einzelnen Lichtfarben. Welche Lichtfarbe wird am stärksten gebrochen, also macht den stärksten Knick?



Auch Wassertropfen, Diamanten, Kristallcluster oder spezielle Gitter können Sonnenlicht in verschiedene Lichtfarben zerlegen. Du kannst dann schöne Farbmuster wie beim Regenbogen beobachten.

Im folgenden Versuch wollen wir mit einer Gitterfolie (Abbildung 7, 8, 9) verschiedene Lichtsender untersuchen. Dafür zerlegen wir das Licht dieser Lichtsender in Lichtfarben, also analysieren ihre Lichtfarben.



Beleuchte zuerst ein weißes Blatt Papier mit unterschiedlich farbigen Lichtsendern. Welche Farbe hat der Lichtfleck am Papier?

Untersuche mithilfe der Gitterfolie, aus welchen Lichtfarben das Licht des Lichtsenders zusammengesetzt ist. Schließe dafür ein Auge und halte die Gitterfolie ungefähr 10 cm vor dein offenes Auge. Schau so durch die Gitterfolie auf den Lichtsender (siehe Abbildung 8). Erstelle eine Tabelle.

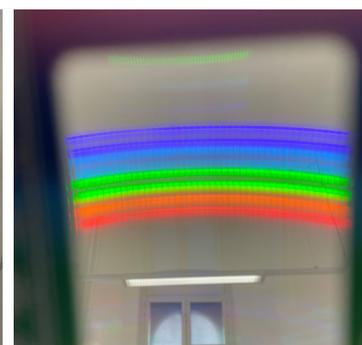
Wahrgenommene Lichtfarbe am weißen Papier	Zusammensetzung der Lichtfarbe (Gitterfolie)



7 Gitterfolie



8 Blick durch die Gitterfolie. Das Licht der Taschenlampe wird in seine Lichtfarben zerlegt. Die einzelnen runden Lichtsender der Taschenlampe siehst du durch das Gitter in blau bis rot.



9 Blick durch die Gitterfolie. Das Licht der Deckenleuchte wird in seine Lichtfarben zerlegt. Die Deckenleuchte rechts siehst du einmal in rot, einmal in grün, einmal in türkis und in blau.



Lassen sich einzelne Regenbogenfarben, die durch Aufspalten des Sonnenlichts entstanden sind, noch weiter zerlegen?

1. Stelle eine Vermutung auf.
2. Überlege dir einen Versuch, mit dem du die Vermutung überprüfen kannst. Sieh dir Abbildung 5 und 6 auf Seite 18 an. Was musst du am abgebildeten Versuch ändern?
3. Vergleiche deine Ideen mit zwei Mitschüler:innen.
4. Führt gemeinsam diese Versuche durch und vergleicht eure Beobachtungen mit euren Vermutungen.
5. Diskutiert nun noch einmal die Aussage von vorne: „Gelbes Licht und weißes Licht sind verschieden.“ Was genau ist verschieden?



Eure Schule hat Tag der offenen Tür. Bei deiner Experimentierstation zeigst du, wie man mit einem Prisma Sonnenlicht in verschiedene Lichtfarben zerlegen kann. Zu einem Tag der offenen Tür kommen für gewöhnlich ungefähr 10-jährige Volksschulkinder und deren Eltern.

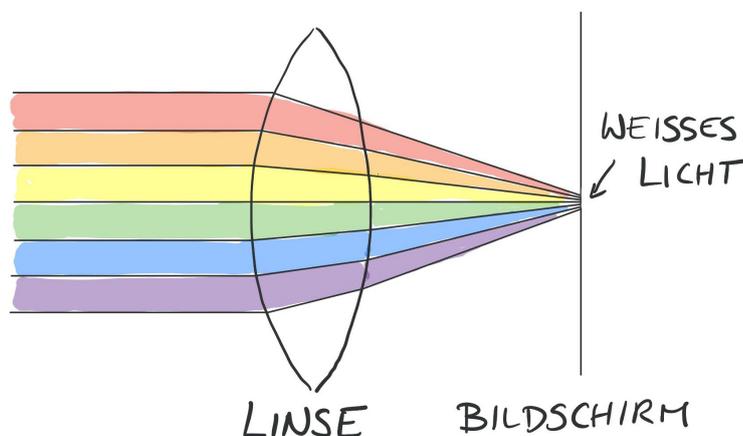
1. Beschreibe, wie du den Versuch durchführen würdest.
2. Formuliere eine physikalische Erklärung, die auch 10-jährige Kinder verstehen können.



Stell dir vor, ihr sollt in der Gruppe für die Schülerzeitung einen Artikel über Lichtfarben schreiben. In einem Social Media Beitrag seht ihr, wie jemand einen kleinen Tropfen Wasser auf sein Smartphone Display gibt. In dem Tropfen sieht man bunte Farben.

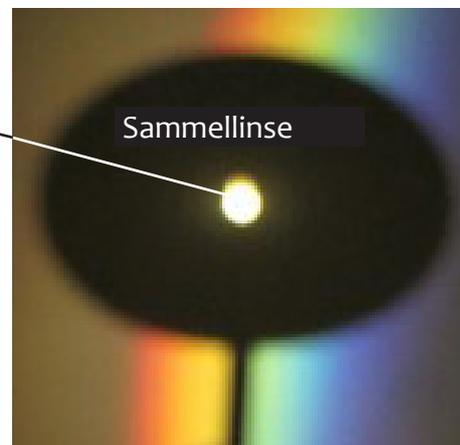
1. Gebt einen kleinen Tropfen Wasser auf ein Smartphone Display und beschreibt, was ihr in dem Tropfen seht. Macht auch ein Foto für den Zeitungsbeitrag.
2. Recherchiert im Internet nach einer Erklärung. Formuliert eine Erklärung für eure Beobachtung.
3. Schreibt einen Beitrag für die Schülerzeitung. Achtet darauf, die Quellen aus dem Internet anzugeben.

Jetzt hast du gelernt, dass man sonnenähnliches Licht in verschiedene Lichtfarben des Regenbogens zerlegen kann. Umgekehrt kann man diese Lichtfarben wieder zu weißem Licht zusammenmischen. Manche Linsen, wie etwa in Brillen, können Licht zusammenmischen. Eine Linse besteht meist aus Glas und wie bei einem Prisma ändert das Licht seine Richtung, wenn es ins Glas hinein oder aus dem Glas herausströmt. Die Linse in Abbildung 10 führt alle einzelnen Lichtfarben des Regenbogens an einer Stelle zusammen. An dieser Stelle sehen wir einen weißen Lichtfleck (siehe Abbildung 11), weil unser Auge die Regenbogenfarben nun nicht mehr getrennt wahrnehmen kann. Wir können also zusammenfassen: Weißes Licht besteht aus verschiedenen Lichtfarben.



10 Die Lichtfarben des Regenbogens können mit einer Sammellinse wieder zu weißem Licht zusammengemischt werden.

CC-BY-SA 4.0, Obczovsky

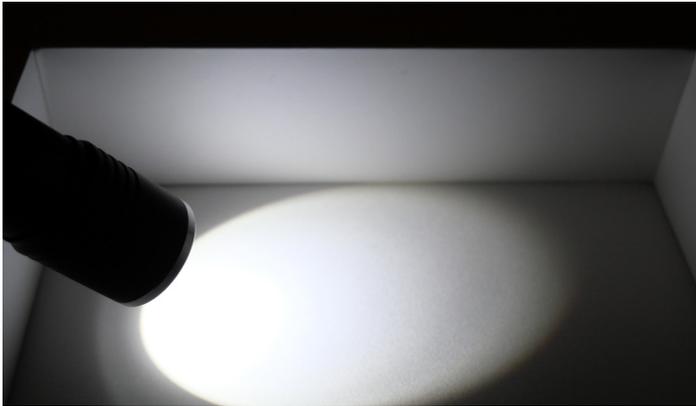


11 Die Sammellinse mischt die Farben des Regenbogens wieder zu weißem Licht. Das schwarze ist die Linse von vorne.

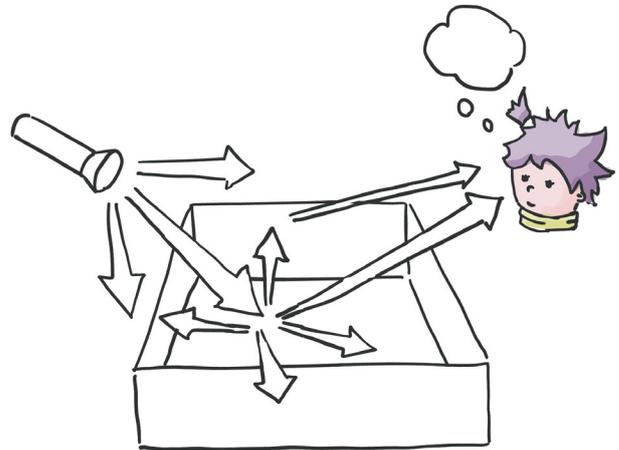
8 Farbwahrnehmung von Gegenständen

Erinnere dich: Weißes Licht ist aus verschiedenen Lichtfarben zusammengesetzt. Und: Wenn Licht von einem Gegenstand in unser Auge fällt, dann sehen wir diesen Gegenstand. **Von nix kommt nix.** Jetzt wollen wir uns anschauen, warum wir Gegenstände in unterschiedlichen Farben sehen.

Erinnere dich an den Versuch mit der beleuchteten Mitschülerin aus Kapitel 3: Zwischensender senden Licht weiter. Der folgende Versuch soll dir zeigen, dass Zwischensender Licht **in alle Richtungen** weiter-senden. Wenn wir mit einer Taschenlampe auf den Boden einer weißen Schachtel leuchten, dann sehen wir, dass alle Seiten beleuchtet sind.



1 Taschenlampe leuchtet auf den weißen Schachtelboden.



2 Warum du die Schachtelwände sehen kannst.

CC BY-SA 4.0, Obczovsky

Woher stammt der Lichtfleck in Abbildung 1? Erkläre!

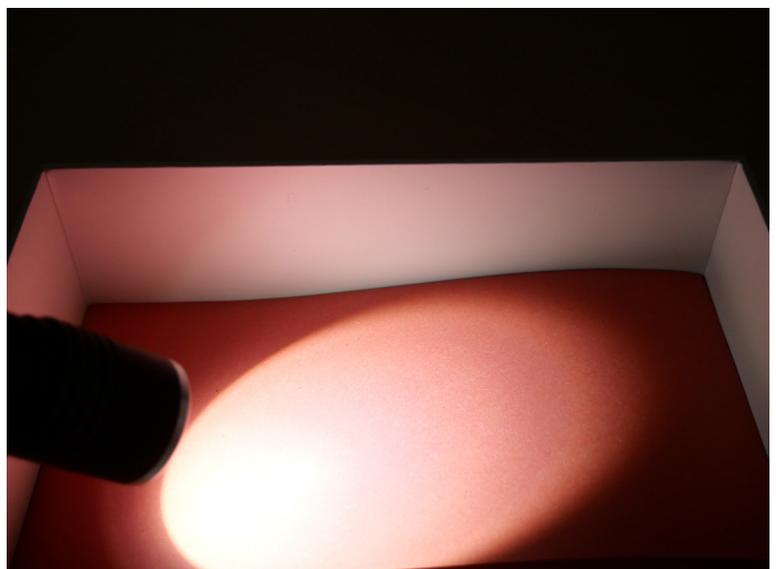
Der Schachtelboden sendet das Licht in alle möglichen Richtungen weiter. Ein Teil des Lichtes wird vom Schachtelboden direkt in deine Augen weitergesendet, daher siehst du den Schachtelboden. Ein Teil des Lichtes wird zu den Schachtelwänden weitergesendet. Diese senden das Licht dann in deine Augen weiter, daher siehst du auch die Schachtelwände. Physiker und Physikerinnen nennen diesen Vorgang *Streuung von Licht*, weil die mikroskopisch kleinen Unebenheiten der Papieroberfläche das Licht in alle möglichen Richtungen weitersenden, also verstreuen (Abbildungen 1 und 2).

In Räumen sieht man immer wieder Lampen, die direkt an die Decke strahlen statt von der Decke herunter.

1. Recherchiere wie solche Lampen aussehen.
2. Wieso erleuchten sie trotzdem den gesamten Raum? Erkläre.
3. Welche Vorteile und welche Nachteile haben solche Lampen? Recherchiere.

Der folgende Versuch soll dir zeigen, warum wir Gegenstände in verschiedenen Farben sehen und was das mit der Streuung zu tun hat. Wir legen ein rotes Blatt Papier auf den Schachtelboden der weißen Schachtel. Wir beleuchten das rote Blatt mit einer Taschenlampe, die weißes Licht aussendet. Dieses Licht ist dem Sonnenlicht sehr ähnlich. Betrachte nun die Schachtelwände (Abbildung 3).

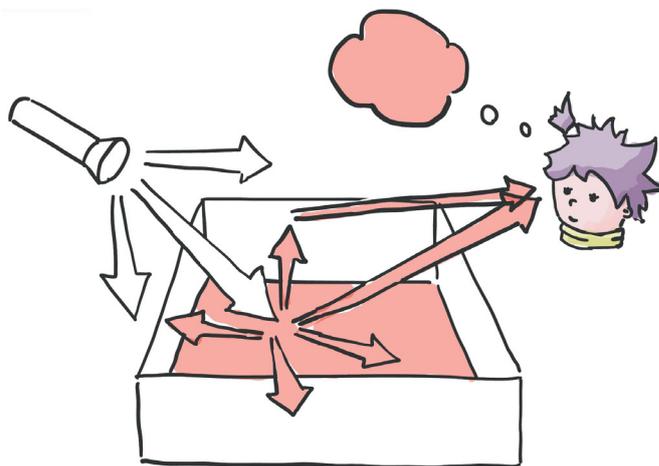
Beschreibe, welchen Farbeindruck du vom Schachtelboden und den Wänden hast.



3 Die Taschenlampe leuchtet auf ein rotes Blatt am Schachtelboden.

Das weiße Licht der Taschenlampe trifft auf das rote Blatt Papier am Schachtelboden (siehe Abbildung 4). Das Blatt nimmt das Licht der Taschenlampe auf. Die rote Lichtfarbe wird wieder in alle Richtungen weitergesendet. Ein Teil von der roten Lichtfarbe gelangt direkt in unser Auge. Ein anderer Teil trifft erst auf die Schachtelwand und von dort in unser Auge. **Von nix kommt nix.** Wir sehen die Schachtelwand daher leicht rötlich.

Das Blatt am Schachtelboden ist also ein Zwischensender für die rote Lichtfarbe. Die Schachtelwände sind ebenfalls Zwischensender und senden das rote Licht weiter in deine Augen. Es entsteht ein roter Farbeindruck.



CC BY-SA 4.0, Obczovsky

4 Warum du die Schachtelwände auch rot wahrnimmst.



Auf dem Bild siehst du grüne Bäume und Sträucher. Genauer gesagt, Bäume und Sträucher, die du grün wahrnimmst, wenn Sonnenlicht auf sie trifft. Wieso nimmst du sie grün wahr?

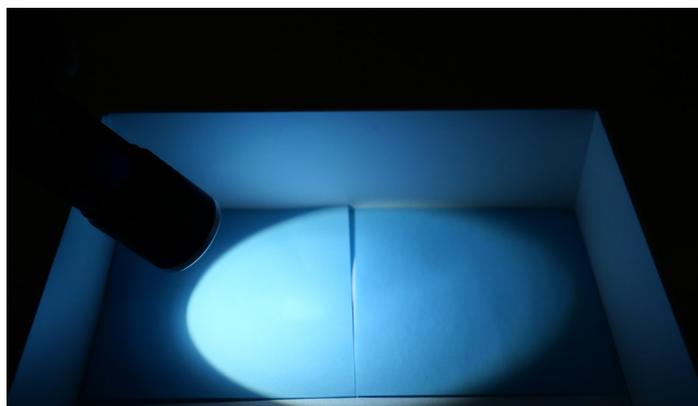
1. Beschreibe den Lichtweg von der Sonne bis zu deinen Augen.
2. Fertige eine Skizze von diesem Vorgang an.



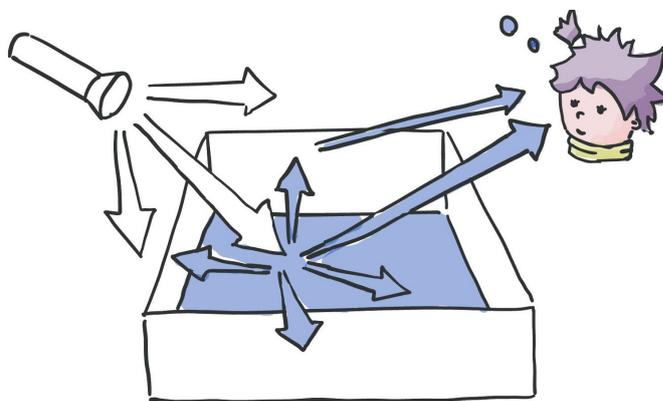
5 Bäume und Sträucher nehmen wir in der Sonne grün wahr.

Farbige Gegenstände können immer nur ganz bestimmte Teile des weißen Lichts weitersenden. Das rote Blatt Papier kann nur rotes Licht weitersenden. Die Wände der weißen Schachtel können alle Lichtfarben weitersenden. Die Sträucher und Bäume können grünes Licht weitersenden.

Wir nehmen einen Gegenstand aber nicht immer in derselben Farbe wahr. Wir nehmen die Wände des Kartons in dem Versuch rot wahr, weil eben nur rotes Licht auf diese Wände trifft und sie daher nur dieses rote Licht weitersenden können. Wenn wir blaues Papier in die Schachtel legen, nehmen wir die Schachtelwände blau wahr, weil nur blaues Licht in unsere Augen weitergesendet wird.



6 Taschenlampe leuchtet auf blaues Blatt am Schachtelboden.



CC BY-SA 4.0, Obczovsky

7 Warum du Schachtelwände blau wahrnimmst.

Nun wollen wir untersuchen, was mit dem Licht passiert, das von einem Gegenstand nicht weitersendet wird. Trifft Licht auf einen Gegenstand, wird das Licht vom Gegenstand aufgenommen. Ein Teil davon wird weitergesendet. Der Teil, der nicht wieder weitergesendet wird, sorgt dafür, dass die Temperatur des Gegenstands ein bisschen ansteigt. Du kennst das vielleicht, wenn du ein dunkles T-Shirt in der Sonne trägst: Die Temperatur des T-Shirts wird höher als im Schatten. Oft merkst du jedoch gar nicht, dass die Temperatur eines Gegenstands steigt, wie bei dem roten Blatt Papier in der Schachtel, weil die Temperatur nur ganz wenig steigt.



Der Bär in Abbildung 8 mit dunklem T-Shirt sagt: „Je größer die Lichtmenge die auf mein T-Shirt fällt, desto höher wird die Temperatur meines T-Shirts“

1. Plane ein Experiment, um diese Aussage zu untersuchen. Überlege: Welche Materialien brauchst du dazu?
2. Führe den Versuch durch und beschreibe deine Beobachtung.
3. Der andere Bär fragt: „Stimmt die Aussage für mein helles T-Shirt auch?“ Diskutiere mit deinen Sitznachbar:innen.



8 Bären mit schwarzem und weißem T-Shirt

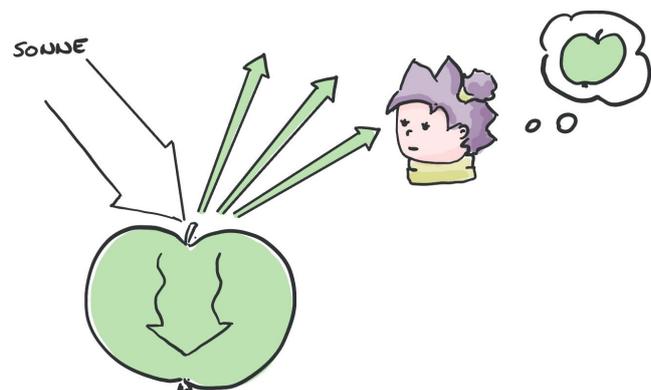
In Abbildung 9 siehst du einen Apfel.

Sonnenlicht trifft auf den Apfel. Der Apfel nimmt das Sonnenlicht auf und sendet nur das grüne Licht weiter. Das grüne Licht gelangt in deine Augen und auf deine Netzhaut. Dein Gehirn erzeugt dann den Farbeindruck grün. Du weißt ja: **Von nix kommt nix**. Du nimmst den Apfel grün wahr.



9 Grüner Apfel im Sonnenlicht

Alle anderen Lichtfarben sendet der Apfel nicht weiter (siehe Abbildung 10). Dadurch steigt die Temperatur des Apfels ein klein wenig. Du kannst den Temperaturunterschied fühlen, wenn du einen Apfel im Sommer in die Sonne legst und einen in den Schatten. Auf den Apfel im Schatten fällt eine geringere Lichtmenge als auf den in der prallen Sonne. Im Schatten kann der Apfel nur eine geringere Lichtmenge aufnehmen. Daher ist seine Temperatur im Schatten niedriger.



10 Warum du den Apfel grün wahrnimmst

CC BY-SA 4.0, Obczovsky

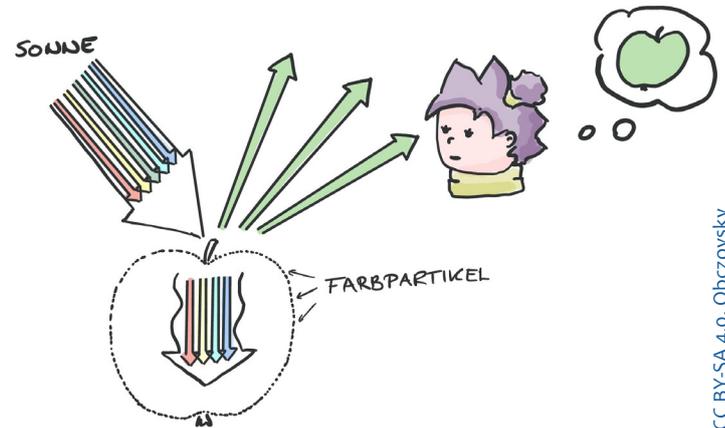


1. Erkläre warum die Formulierung „ein Apfel, den du grün wahrnimmst“ aus physikalischer Sicht richtiger ist als „ein grüner Apfel“?
2. Überlege, warum wir im Alltag trotzdem nicht die physikalisch passende Formulierung verwenden.

Gegenstände sind Zwischensender für bestimmte Lichtfarben und die restlichen Lichtfarben sorgen dafür, dass die Temperatur eines Gegenstandes steigt. Wenn sonnenähnliches Licht auf einen Gegenstand trifft, dann sendet der Gegenstand nur bestimmte Lichtfarben weiter. Wenn diese Lichtfarben in unser Auge gelangen, nehmen wir den Gegenstand in dieser Farbe wahr.

Die kleinsten Teilchen an der Oberfläche des Apfels senden nur jene Lichtfarben weiter, für die sie Zwischensender sind (siehe Abbildung 11). Diese Teilchen werden auch Farbpartikel genannt. Sie sind sehr, sehr klein und mit freiem Auge nicht sichtbar. Wir können nur ihre Wirkung wahrnehmen. **Von nix kommt nix.**

Ein grüner Apfel hat Farbpartikel an seiner Oberfläche, die nur grünes Licht weitersenden. Alle anderen Lichtfarben tragen dazu bei, dass die Temperatur des Apfels ein bisschen steigt.



11 Farbpartikel an der Oberfläche des Apfels senden nur grünes Licht weiter. Das restliche Licht wird aufgenommen.

CC BY-SA 4.0, Obczovsky

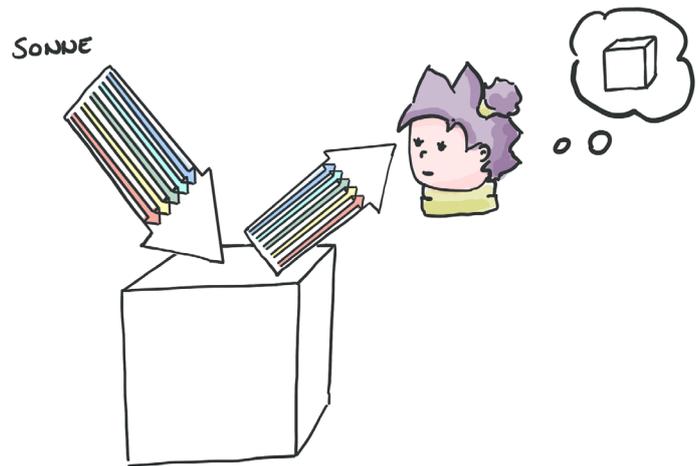
Weiß und schwarze Gegenstände

Wir wollen uns nun mit zwei speziellen Fällen beschäftigen: Wann nehmen wir einen Gegenstand weiß wahr, wann schwarz? Wie können wir einen Körper schwarz oder weiß wahrnehmen, wenn es keine weiße oder schwarze Regenbogenfarbe gibt? Sind schwarz und weiß eigentlich Farben?

In Abbildung 12 siehst du eine weiße Box.

Trifft Sonnenlicht auf diese Box, nimmt sie das Licht auf und sendet dann alle Lichtfarben weiter. Es gelangen alle Lichtfarben in unser Auge. Wir nehmen die Box weiß wahr.

Auch eine weiße Box sendet nicht die gesamte Lichtmenge weiter, sondern nimmt von allen Lichtfarben einen kleinen Anteil auf. Dadurch steigt auch ihre Temperatur ein wenig.



12 Warum wir die Box weiß wahrnehmen

CC BY-SA 4.0, Obczovsky

In Griechenland sind die Häuser oft weiß gestrichen (siehe Abbildung 13).

1. Für welche Lichtfarben ist ein Haus, das uns weiß erscheint, ein Zwischensender? Warum? Erkläre.
2. Welche Lichtfarben werden von dem Haus aufgenommen? Warum? Erkläre.
3. Diskutiert, wieso die Häuser in Griechenland oft weiß gestrichen werden.



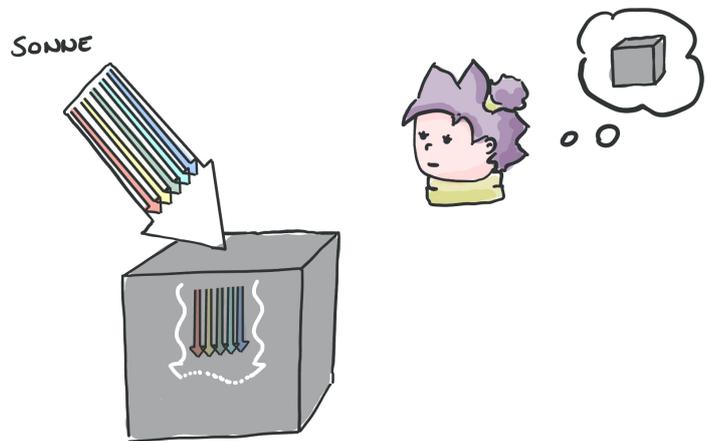
13 Häuser in Griechenland (Santorin)

CC BY-SA 3.0, Norbert Nagel

In Abbildung 14 siehst du eine schwarze Box.

Trifft Sonnenlicht auf diese Box, nimmt sie das Licht auf und sendet dann keine Lichtfarben weiter. Es gelangt fast kein Licht in unser Auge. Wir nehmen die Box schwarz wahr.

So gut wie alle schwarzen Gegenstände senden zumindest eine ganz, ganz kleine Lichtmenge weiter.



14 Warum wir die Box schwarz wahrnehmen.

CC-BY-SA 4.0, Obczovsky

In Abbildung 15 siehst du die zwei Bären von Seite 22. Begründe, warum das schwarze T-Shirt in der Sonne wärmer wird als das weiße T-Shirt.

Im Sommer sind Autositze oft wahnsinnig heiß. Vor allem schwarze Ledersitze.

1. Für welche Lichtfarben sind die Ledersitze, die uns schwarz erscheinen, Zwischensender? Warum? Erkläre.
2. Welche Lichtfarben nehmen die Ledersitze auf, sorgen also dafür, dass die Temperatur steigt? Warum? Erkläre.
3. Diskutiert, was man machen könnte, damit die Ledersitze nicht so heiß werden.



15 Bären mit schwarzem und weißem T-Shirt

Wir können Gegenstände, die alle Lichtfarben aufnehmen, eigentlich gar nicht sehen. VON NIX KOMMT NIX. Warum können wir trotzdem wahrnehmen, dass z. B. die schwarze Katze in Abbildung 16 auf einem Holzboden sitzt? Diskutiert.



16 Eine schwarze Katze namens Börnsi auf dem Holzboden

Weiße Gegenstände können alle Lichtfarben weitersenden. Dabei senden sie eine große Lichtmenge weiter und nehmen nur einen kleinen Anteil der Lichtmenge auf. Ihre Temperatur steigt dadurch nur wenig. Schwarze Gegenstände senden keine Lichtfarbe weiter. Dabei senden sie nur einen ganz kleinen Anteil der Lichtmenge weiter und nehmen einen großen Teil der Lichtmenge auf. Ihre Temperatur steigt dadurch stärker.

9 Gegenstände in farbigem Licht

Erinnere dich: Gegenstände senden nur bestimmte Lichtfarben weiter. Wenn die weitergesendete Lichtfarbe in unser Auge gelangt, sehen wir den Gegenstand in dieser Farbe. Bisher haben wir die Gegenstände immer in weißem Licht betrachtet. Weißes Licht enthält alle Regenbogenfarben. Wir Menschen sind es gewohnt, alle Gegenstände in weißem Licht zu betrachten. Wir wollen uns jetzt anschauen, was passiert, wenn man Gegenstände in farbigem Licht betrachtet.



Dieser Versuch soll dir zeigen, was passiert, wenn farbiges Licht auf einen Gegenstand trifft. Du brauchst dafür einen abgedunkelten Raum, Buntstifte und farbige Lichtsender (siehe Abbildung 1).

1. Beleuchte verschiedenfarbige Buntstifte mit einer Lampe, die nur rotes Licht aussendet. Beschreibe nach der Reihe, in welcher Farbe du die einzelnen Stifte wahrnimmst.
2. Beleuchte nun die Buntstifte mit einer Lampe, die nur grünes Licht aussendet. Beschreibe nach der Reihe, in welcher Farbe du die einzelnen Stifte wahrnimmst. Beschreibe was dir auffällt.
3. Stelle eine Vermutung auf, warum du die Buntstifte in anderen Farben wahrnimmst, als bei weißem Licht.
4. Zeichne in Abbildungen 2 und 3 die Lichtwege für beide Beispiele von der Lampe bis in dein Auge ein.

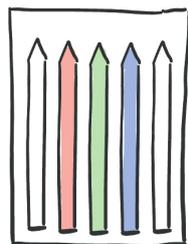


1 Buntstifte und Lichtsender in unterschiedlichen Farbe

ROTER
LICHTSENDER



AUGE



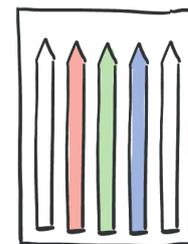
BUNTSTIFTE

2 Buntstifte in rotem Licht

GRÜNER
LICHTSENDER



AUGE



BUNTSTIFTE

3 Buntstifte in grünem Licht

Wir haben schon gehört, dass Gegenstände immer nur für bestimmte Lichtfarben Zwischensender sind. Für welche Lichtfarben, hängt vom Material des Körpers ab. Gegenstände haben in weißem Licht (Tageslicht, Glühbirne, ...) daher immer die gleiche Farbe. Beleuchtet man die Gegenstände jedoch mit anderen Lichtfarben, können wir sie plötzlich in einer anderen Farbe wahrnehmen.

Wie wir einen Gegenstand wahrnehmen hängt mit zwei Sachen zusammen: (1) für welche Lichtfarben der Gegenstand ein Zwischensender ist und (2) mit welchen Lichtfarben der Gegenstand beleuchtet wird. Schließlich kann ein Gegenstand nur die Lichtfarben weitersenden, die bei ihm angekommen sind.

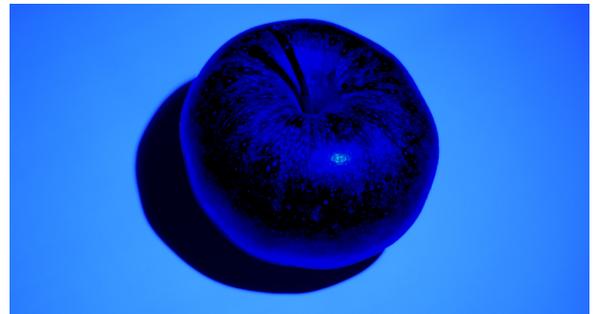
Von nix kommt nix.

Wenn ein Gegenstand mit blauem Licht beleuchtet wird, nehmen wir ihn in einer anderen Farbe wahr als wenn er mit rotem Licht oder Sonnenlicht beleuchtet wird. Es hängt also nicht nur vom Gegenstand selbst ab, in welcher Farbe wir ihn wahrnehmen.

Wir beleuchten einen Apfel, den du im Sonnenlicht rot wahrnimmst, mit blauem Licht (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5). Manche Stellen des Apfels nimmst du dann schwarz wahr, andere Stellen nimmst du in hellerem oder dunklerem blau wahr.



4 Apfel, der mit Sonnenlicht beleuchtet wird.



5 Apfel, der mit blauem Licht beleuchtet wird.

1. Diskutiert die folgenden Fragen:

- a. Für welche Lichtfarbe ist der Apfel, den wir im Sonnenlicht rot wahrnehmen, ein Zwischensender?
 - b. Welchen Teil des einfallenden Lichts kann der Apfel in Abbildung 5 wieder weitersenden? Woran erkennt ihr welches Licht er weitersenden kann?
2. Erklärt in eigenen Worten, wieso ihr manche Stellen dieses Apfels schwarz, manche dunkel- und manche hellblau wahrnehmt?

Du hast nun gelernt, dass wir Gegenstände, die unterschiedlich beleuchtet werden, in unterschiedlichen Farben sehen. Sind das nur verblüffende physikalische Effekte, oder ist das auch im Alltag wichtig? Mit Beleuchtung und Beleuchtungseffekten wird in vielen Bereichen gearbeitet, sie sind aus dem heutigen Alltagsleben gar nicht mehr wegzudenken.

Sammelt in einer Gruppe möglichst viele Bereiche, in denen Beleuchtung bzw. Beleuchtungseffekte bewusst eingesetzt werden. Ihr könnt auch im Internet recherchieren.

Beleuchtung wird auch bewusst in Supermärkten eingesetzt. Dabei geht es gar nicht so sehr darum, dass die Räume gut ausgeleuchtet werden. Es geht darum, die Waren „im besten Licht“ zu präsentieren.

1. Recherchiert wie Obst und Fleisch „ins rechte Licht“ gesetzt werden?
2. Was hat das mit unserem Thema zu tun?

Auf den Abbildungen 6 bis 8 seht ihr zwei Äpfel. Die Äpfel sind einmal mit rotem, einmal mit blauem und einmal mit grünem Licht beleuchtet. Könnt ihr mithilfe der drei Bilder bestimmen, wie ihr die Äpfel in weißem Licht wahrnehmen würdet? Diskutiert.



6 Zwei Äpfel in blauem Licht



7 Zwei Äpfel in grünem Licht



8 Zwei Äpfel in rotem Licht

Die Farbe, in der wir einen Gegenstand sehen, ist keine fixe Eigenschaft eines Gegenstandes. In welcher Farbe wir einen Gegenstand sehen hängt davon ab, welche Lichtfarbe auf den Gegenstand trifft und welche Lichtfarben er überhaupt weitersenden kann.

10 Schatten

Erinnere dich: Wenn Licht auf einen Gegenstand trifft, dann wird dieses Licht in alle Richtungen weitergesendet. Jetzt wollen wir uns anschauen, was noch passiert, wenn Licht auf einen Gegenstand trifft.

Vergleiche die beiden Fotos in Abbildung 1 und Abbildung 2. Beschreibe, wie sich die Beleuchtung unterscheidet. Überlege, was die Ursache für diese Unterschiede sein könnte.



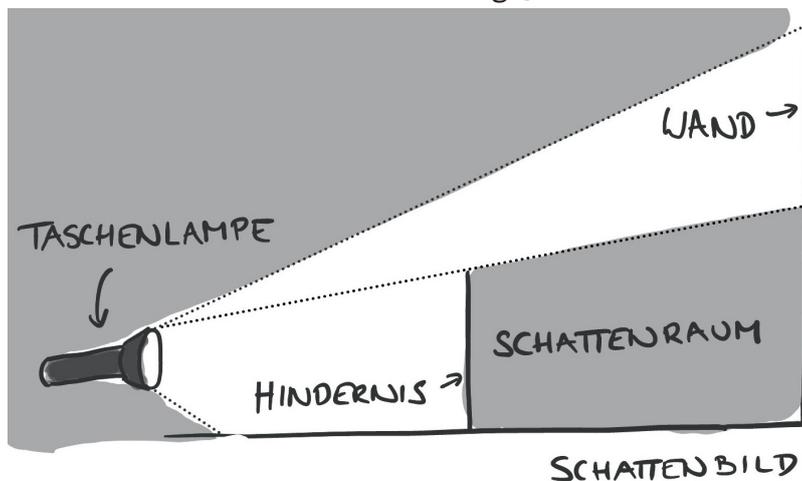
1 Baum vor der Universität Graz



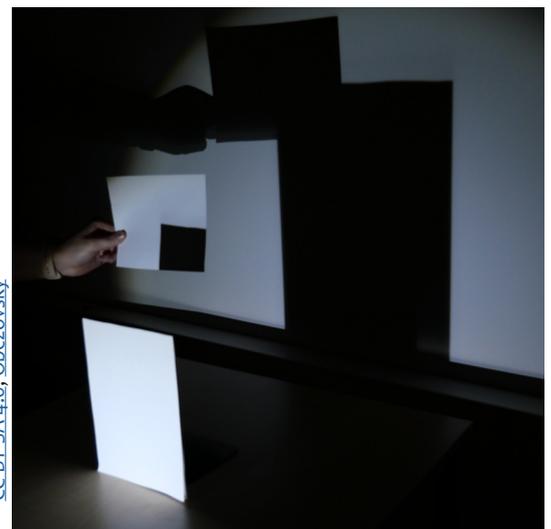
2 Selber Baum vor der Universität Graz

Erinnere dich: Licht strömt geradlinig und ununterbrochen von Lichtsendern weg. Zum Beispiel ist die Sonne ein Selbstsender. Schau dir Abbildung 1 an: Wenn das Sonnenlicht auf den Baum trifft, dann wird es von seinen Blättern und Ästen abgestoppt. Dort gelangt das Sonnenlicht dann nicht bis zum Boden. Du kannst daher am Boden dunkle Stellen erkennen. Diese dunklen Stellen nennt man Schattenbild.

Der nachfolgende Versuch soll dir zeigen, dass hinter einem Hindernis ein Schattenraum entsteht. In Abbildung 3 siehst du einen Selbstsender, ein rechteckiges Hindernis und eine Wand. Hinter dem Hindernis entsteht ein Schattenraum. Das Licht vom Selbstsender gelangt nicht in den Schattenraum. Daher ist ein Teil der Wand in Abbildung 4 dunkel.



3 Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus



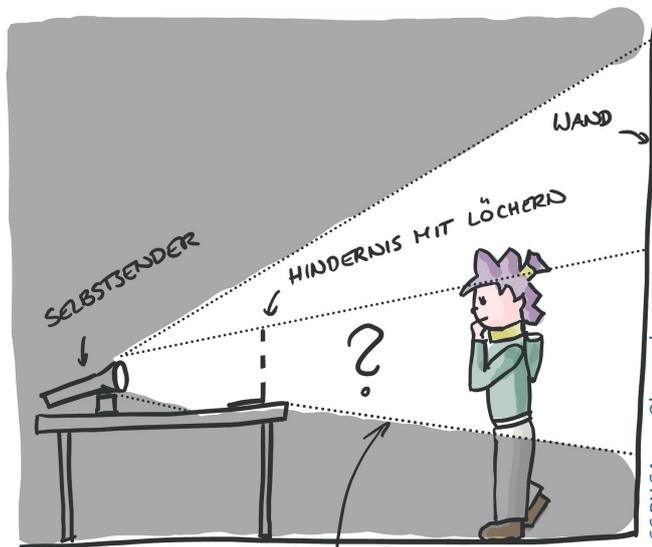
4 Hinter dem Hindernis entsteht ein Schattenraum.

Im Alltag unterscheiden wir selten zwischen Schattenraum und Schattenbild. Im Alltag sagen wir zu beidem einfach Schatten. In der Physik sagen wir Schattenraum zu dem dreidimensionalen Bereich, wo kein Licht von einem Lichtsender hinkommt. Wir sagen Schattenbild zu der Fläche, die wir an der Wand oder am Boden sehen.

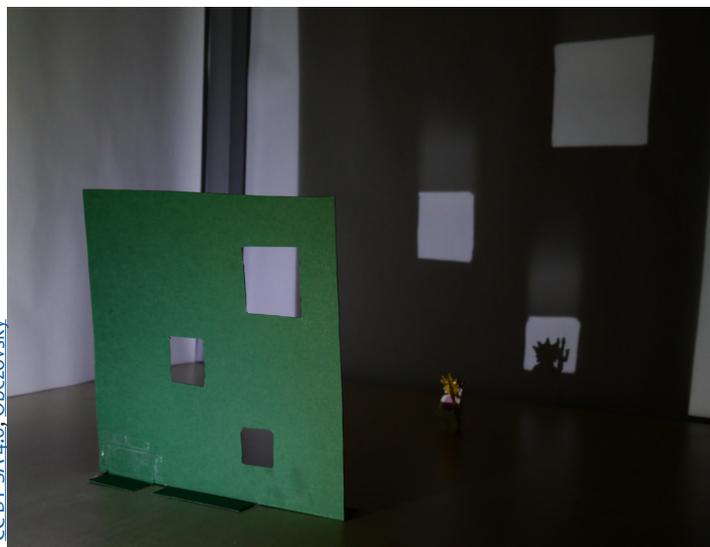


In Abbildung 5 und Abbildung 6 siehst du einen Versuch in einem abgedunkelten Raum mit einem Selbstsender und einem Hindernis mit Löchern. Der Wassermann Neptun stellt den Versuch nach.

1. Baue den Versuch ähnlich wie in Abbildung 5 in einem abgedunkelten Raum auf.
2. Überlege zuerst: Von wo aus kannst du den Selbstsender sehen, wenn du hinter das Hindernis gehst? Stelle eine Vermutung auf. Begründe deine Vermutung.
3. Erkunde so wie Neptun in Abbildung 6 den Schattenraum. Von wo kannst du den Selbstsender sehen? Beschreibe deine Beobachtung. Begründe deine Beobachtung.



5 Schematischer Aufbau des Versuchs.

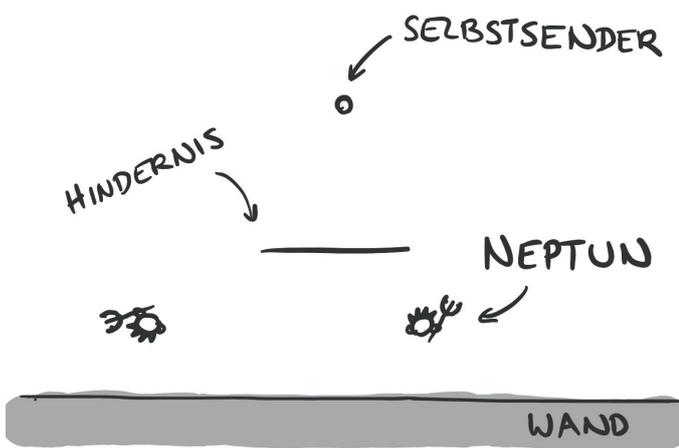


6 Der Wassermann Neptun steht im Schattenraum hinter dem Hindernis mit Löchern. Kann er den Selbstsender sehen?



In den Abbildungen 7 und 8 siehst du jeweils aus der Vogelperspektive, also von oben, einen Selbstsender, ein Hindernis und eine Wand.

1. Konstruiere mit Lineal den passenden Schattenraum. Erinnerung: Licht breitet sich geradlinig aus.
2. Kreise die Wassermänner ein, die den Selbstsender sehen können. Erinnerung: Von nix kommt nix.



7 Selbstsender, Hindernis und Wand aus der Vogelperspektive



8 Selbstsender, Hindernis und Wand aus der Vogelperspektive



Warum können wir im Schattenraum überhaupt was sehen, wenn das Licht vom Selbstsender dort ja gar nicht hinkommt? Stell eine Vermutung auf und begründet eure Vermutung.



Wir haben jetzt die ganze Zeit nur von Selbstsendern gesprochen. Kann auch durch Zwischensender ein Schattenraum entstehen?

1. Stell eine Vermutung auf und begründet die Vermutung.
2. Plant einen geeigneten Versuch, um eure Vermutung zu überprüfen. Was braucht ihr dafür?
3. Führt den Versuch durch. Stimmt eure Vermutung?

Erinnere dich: Wenn Licht auf einen Gegenstand trifft, sendet der Gegenstand das Licht in alle Richtungen weiter. Der Gegenstand streut das Licht. Die anderen Gegenstände im Raum senden also das Licht vom Selbstsender weiter. Ein Teil von dem Licht gelangt auch in den Schattenraum. Von dort wird es dann in unser Auge weitergesendet.

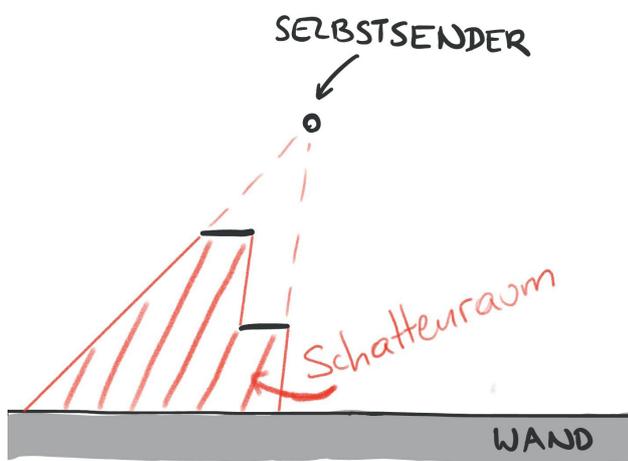


Sieh dir die Bilder am Anfang des Kapitels auf Seite 27 noch einmal an: Sowohl an einem bewölkten Tag (Abbildung 2) als auch an einem sonnigen Tag (Abbildung 1) siehst du die Kanaldeckel auf dem Weg. Begründe, warum du diese Kanaldeckel sehen kannst, obwohl sie in beiden Bildern nicht von der Sonne beleuchtet werden.

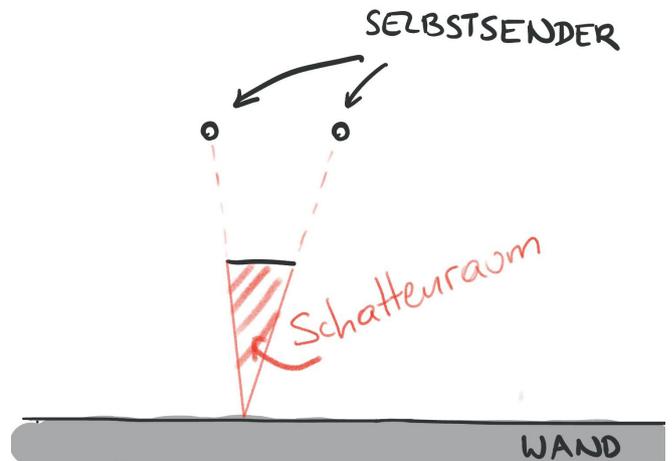


In Abbildungen 9 und 10 hat Lou versucht, den Schattenraum verschiedener Hindernisse zu konstruieren. Lou ist sich nicht sicher, ob die Konstruktionen stimmen.

1. Formuliere eine Erklärung für Lou, warum der Schattenraum nicht so aussehen kann und konstruiere den richtigen Schattenraum. Hinweis: Wo kommt das Licht der Selbstsender hin und wohin nicht?
2. Überprüft eure Vermutungen, indem ihr die Szenen mit Selbstsendern und Hindernissen nachbaut.



9 Lou's Konstruktion des Schattenraums

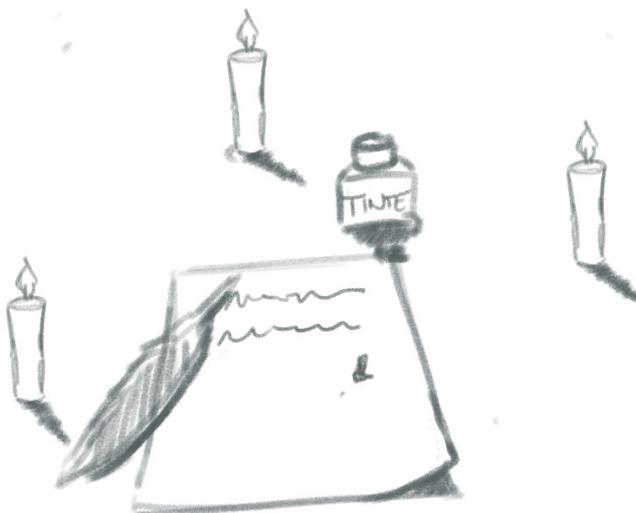


10 Lou's Konstruktion des Schattenraums

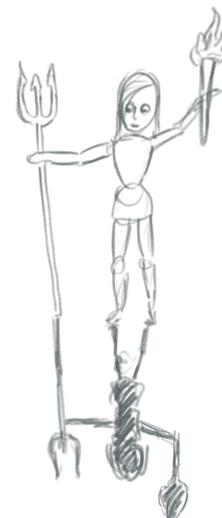


Olé zeichnet gerne. Damit die Zeichnungen realistischer wirken, zeichnet Olé oft Schattenbilder ein.

1. Stellt die Situationen in den Zeichnungen nach (Abbildung 11 und 12). Überlegt euch dafür, welche Selbstsender und Objekte ihr dafür nutzen könnt. (Hinweis: Zum Beispiel könnt ihr statt der Fackel ein Streichholz nehmen)
2. Diskutiert, ob die Schattenbilder in den Zeichnungen von Olé Sinn machen.
3. Formuliert eine Empfehlung, wie Olé die Schattenbilder in den Zeichnungen verbessern könnte, damit sie realistischer wirken.



11 Zeichnung von Olé



12 Zeichnung von Olé



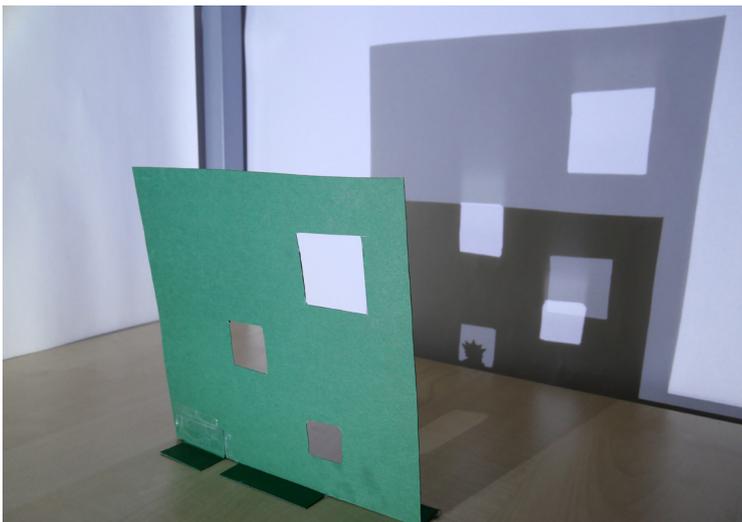
Die folgenden Fotos zeigen verschiedene Schattenbilder, die Lou aufgenommen hat (Abbildungen 13 bis 15).

1. Diskutiert, wie diese Schattenbilder entstanden sein können und stellt eine Vermutung auf. Überlegt: Wie viele Selbstsender wurden verwendet? Wo befinden sich diese ungefähr?
2. Überprüft eure Vermutungen, indem ihr die Szenen nachbaut. Hinweis: Ihr müsst nicht unbedingt Neptun und einen Dreizack dafür verwenden.
3. Wenn ihr mit euren nachgebauten Szenen zufrieden seid, dann macht Fotos davon und vergleicht sie mit den Fotos von Lou. Stimmen die Schattenbilder überein und was könntet ihr noch verbessern?
4. Beantwortet zusätzlich noch die Fragen rechts neben den Fotos.



13 Foto von Schattenbildern

Warum wirkt es so, als würden die Schattenbilder von Neptun in unterschiedliche Richtungen schauen?



14 Foto von Schattenbildern

Welches „Loch“ im Schattenbild entsteht durch welchen Selbstsender?
Wo steht Neptun?



15 Foto von Schattenbildern

Welche Lichtfarbe senden die einzelnen Selbstsender aus?

Weißer und schwarzer Gegenstände

Schattenbilder haben nicht immer scharfe Grenzen. Die Grenzen des Schattenbildes in Abbildung **16** sind nicht scharf.



16 Schattenbild mit unscharfen Grenzen von einem flächigen Selbstsender.



17 Flächiger Selbstsender: Deckenleuchte

So ein Schattenbild entsteht, wenn der Selbstsender flächig ist, wie in Abbildung **17**. Wir wollen uns anschauen, warum bei einem flächigen Sender so ein Schattenbild mit unscharfen Grenzen entsteht.

Erinnere dich: In dem Versuch mit dem begehbaren Schattenraum haben wir einen Selbstsender verwendet, der sehr klein war, wie ein Leuchtpunkt. Stell dir vor, der flächige Selbstsender besteht aus lauter Leuchtpunkten. Jeder dieser Leuchtpunkte erzeugt hinter der Flasche einen eigenen Schattenraum. Zusammen ergibt sich dann dieses unscharfe Schattenbild.

Suche in deiner Klasse nach flächigen Selbstsendern und nach Selbstsendern, die eher punktförmig sind. Diskutiert: Gibt es Selbstsender, die wirklich punktförmig sind?

Abbildung **18** zeigt: Je mehr punktförmige Selbstsender die Flasche beleuchten, desto unschärfer wird das gesamte Schattenbild der Flasche, weil sich die einzelnen Schattenbilder überlappen.



18 Von links nach rechts: Schattenbilder von einer, zwei, drei, vier und sieben punktförmigen Selbstsendern.

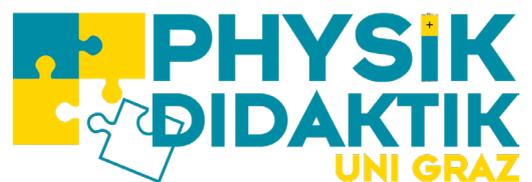
Titel:
Sender-Empfänger Optikkonzeption

Autoren:
Fachbereich Physikdidaktik der Universität Graz
C. Haagen-Schützenhöfer
M. Obczovsky

Aufbauend auf diversen Vorarbeiten von:
C. Haagen-Schützenhöfer
H. Wiesner
I. Fehringer
J. Rottensteiner
J. Pürmayr

FDZ Physik, Universität Graz

Aktuelle Version Oktober 2024



UNIVERSITÄT GRAZ
UNIVERSITY OF GRAZ

