

KONTEXTIS



Axel Werner

Linsen, Spiegel, Kaleidoskope

LICHT- UND FARBENSPIELE MIT CURI



Wissenschaftsjahr 2009

**Forschungs-
expedition
Deutschland**

Die Grundlage unseres Lebens

Autor Das **Licht und seine Farben** bilden die Basis für eine ganze Reihe spannender Experimente. Es gilt zu erforschen, nach welchen Gesetzmäßigkeiten sich Licht ausbreitet, wie eigentlich Bilder in unserem Auge entstehen, wie dunkle Farben sich zu helleren mischen und wie optische Geräte funktionieren. Und auch, dass das Sonnenlicht der Lebensquell schlechthin ist, wir uns quasi sogar von Sonnenlicht ernähren.

Sämtliche der in diesem Heft vorgestellten Experimente sind bereits mit sehr vielen Grundschulkindern durchgeführt worden und funktionieren hervorragend. Das Equipment dürfte jeweils leicht zu beschaffen sein und stellt keinen großen Kostenfaktor dar.

Einige Experimente zeigen **Querverbindungen** in andere Themenbereiche auf. Damit soll ein Hinweis gegeben sein, dass das Heraustreten aus dem konkreten Fachinhalt fast immer möglich ist. Sie können damit aufzeigen, dass Vieles mit Vielem zusammenhängt und dass das einmal an einer Stelle Verstandene anwendbar ist auf andere, auf neue Probleme und Fragen. Beispielhaft wird von der Tatsache ausgegangen, dass das Licht über die Photosynthese Quelle allen Lebens ist und dass somit unsere Ernährung ursprünglich auf Sonnenlicht basiert. Wenn man sich jedoch über Ernährung verständigt, spielt der Geschmack eine sehr große Rolle, den man dann ebenfalls erforschen kann. Oft bieten auch historische Bezüge einen leichteren Zugang zum Verständnis: Unsere experimentellen Spielereien mit Kugeln und deren optischen Eigenschaften haben in früheren Zeiten die Handwerker in die Lage versetzt, in der Dunkelheit noch zu arbeiten. Bei der Erforschung

der Phänomene sollte also stets der Lebensweltbezug aufgezeigt werden, denn genau dieser liefert den Kindern die notwendige Motivation und das innere Bedürfnis, die Dinge entdecken und verstehen zu wollen.

Warum erforschen wir ausgerechnet das Licht? Nun, **Licht ist die Grundlage unseres Lebens**, unserer Kommunikation und unserer Informationsgewinnung: Ohne das Licht der Sonne wäre auf der Erde kein Leben entstanden, und was wir von der Welt (der Erde und dem Kosmos) wissen, hat ganz wesentlich damit zu tun, dass wir in der Lage sind, Licht wahrzunehmen. Die Fähigkeit zu sehen hat sich im Tierreich in sehr großen Zeiträumen in relativ kleinen Schritten entwickelt, vom einfachen, unscharfen Erkennen von Hell und Dunkel auf nur sehr kurze Distanz bis hin zum komplexen, mehrfarbigen Sehen mit angeschlossenem „Bildbearbeitungsprogramm“ im Gehirn. Im Verlauf der Evolution hat sich jede Lebensweise auf einen bestimmten Augentyp spezialisiert. Einige der Experimente zeigen auf, wie **Bilder in unserem Auge** und danach **in unserem Kopf** entstehen. Von all unseren Sinnen ist der optische Sinn derjenige, worüber wir die Umwelt am intensivsten wahrnehmen.

Erkunden Sie gemeinsam mit den Kindern die faszinierenden Eigenschaften des Lichts, der Bilder und der Farben. Ich wünsche Ihnen dazu viel Erfolg, Spaß an der Sache sowie nachhaltige Erkenntnisse!

Dr. Axel Werner

Potsdam, im Sommer 2009



Dr. Axel Werner studierte Physik und unterrichtete einige Jahre Mathe, Physik und Chemie, promovierte in der Solarzellenforschung und ist Mitbegründer und Kurator der wissenschaftlichen Mitmachwelt Exploratorium Potsdam

www.exploratorium-potsdam.de

Hallo Kinder,

ihr wollt also Forscherinnen und Forscher werden in Sachen Licht und Regenbogenfarben? Na, dann sind die folgenden Experimente genau das Richtige für euch. Am Ende werdet ihr herausgefunden haben, dass nicht alle **Schatten** grau sind, wie **Sonnenlicht** schmeckt, wie der **U-Boot-Kommandant** aus dem Wasser gucken kann, ohne auftauchen zu müssen und vieles andere mehr. Übrigens - im Team forschen und experimentieren macht besonders viel Spaß!



Himmelsblau und Abendrot

Experiment 1

Die Grundfarben des Lichtes und ihre Mischung (additive Farbmischung)

So wird's gemacht.

Stelle die drei Lampen in einem Abstand von etwa 30 bis 50 Zentimetern nebeneinander. Sind es Lampen zum Anklebmen, so klemme sie an der Tischkante fest. Sie können neben-, aber auch übereinander angeordnet werden. Nimm nun das weiße Papier und halte die Lupe so zwischen dein Papier und die Lampen, dass die drei bunten Lichtflecken auf dem Papier zu sehen sind. Wenn du Papier und Lupe richtig hältst,

Was beobachtest du?

Veränderst du den Abstand zwischen Lupe und Papier, beginnen sich die Farbklecken zu überschneiden. Es ergeben sich Mischfarben. So entsteht aus Rot und Grün die Mischfarbe Gelb. Schiebt sich nun auch noch Blau mit in dieses Gelb hinein, entsteht Weiß.

Warum ist das so?

Beim **Licht** findet die **additive Farbmischung** statt. Das bedeutet: Je mehr Farben miteinander vermischt werden, umso heller wird es. Wenn du Grün und Rot zusammenbringst, entsteht Gelb. Und Gelb ist heller als Rot und heller als Grün! Kommt nun noch Blau hinzu, wird aus dem Gelb sogar Weiß, und das ist noch heller.

Rot, Grün und Blau sind die **Grundfarben** des Lichtes, aus denen alle anderen Licht-Farben entstehen können. Im Farbfernseher wird dieses Prinzip genutzt, um „naturgetreue“ Bilder zu

ergeben sich drei sehr schön runde Farbkreise. Veränderst du den Abstand zwischen Papier und Lupe, kannst du die Lichtflecken aufeinander zu wandern lassen. Dabei treffen sich die Farben, überlagern sich dann und vermischen sich dadurch. Es entstehen neue (Misch-)Farben. Versuche mit der Lupe alle drei Farben übereinander zu legen! Du kannst auch jeweils eine der drei Lampen abwechselnd mal ausschalten.

Du kannst außerdem feststellen, dass die Reihenfolge deiner Lampen auf dem Papier verkehrt herum erscheint. Die rechte Lampe ist nun links, die obere Lampe ist nun unten. Die Lupe stellt also alles auf den Kopf.

erzeugen. Sicher hast du schon einmal die Farben deines **Tuschekastens** vermischt. Dort entsteht zum Beispiel aus Blau und Gelb die grüne Farbe. Malst du dann mit diesem Grün, kann niemand mehr sehen, dass das Grün eigentlich aus Blau und Gelb besteht. Jeder sieht nur noch das Endergebnis: Grün. Wenn du weitere Farben dazu mischst, wird es immer dunkler. Hast du alle Farben deines Tuschkastens zusammengebracht, wird das Ergebnis nahezu Schwarz sein. Du entnimmst (subtrahierst) von der Mischung also Helligkeit, weswegen dies dann auch **subtraktive Farbmischung** genannt wird.

Materialien



drei Schreibtischlampen mit jeweils einer grünen, einer roten und einer blauen Glühlampe (gibt es im Baumarkt in der Lampenabteilung)



Lupe



Blatt Papier



Warum ist der Himmel blau?

Du hast in deinem Experiment gesehen, dass Weiß entsteht, wenn sich Blau, Rot und Grün vermischen. Da Rot und Grün zusammen Gelb ergeben, kann man auch sagen: Weiß entsteht, wenn sich Blau und Gelb vermischen. Das **Sonnenlicht** ist **weiß**. Dennoch malen alle Kinder ihre Sonne **gelb**. Warum tun sie das? Weil sie tatsächlich gelb zu leuchten scheint. Wenn das Sonnenlicht aus dem Weltall kommend in die **Lufthülle** (Atmosphäre) unserer Erde eindringt, dann trifft es auf **Staubteilchen, Luftteilchen und kleine Wassertröpfchen**. Dort wird ein Teil des Sonnenlichtes abgefangen. Man sagt, das **Licht wird gebrochen**. Der Teil, der am stärksten gebrochen und damit dem Sonnenlicht weggenommen wird, ist das **Blau**. Wenn du in deinem Experiment den blauen Lichtfleck aus

dem zuvor entstandenen Weiß herausziehst, entsteht wieder **Gelb**. Und genau deswegen erscheint die Sonne gelb. Das blaue Licht verbleibt innerhalb unserer Atmosphäre und wird dort wie ein Pingpongball hin- und hergeschickt: Deshalb ist der Himmel blau.

Und wieso ist **abends die Sonne rot**? Steht die Sonne niedrig über dem Horizont, wie es abends der Fall ist, muss ihr Licht, bis es dein Auge erreicht, durch sehr viel mehr Luft hindurch als mittags, wenn die Sonne am Himmel über dir steht. Dabei wird das Licht noch stärker gebrochen, weitere Anteile bleiben in der Atmosphäre hängen. Neben dem Blau verschwindet nun auch der Grünanteil. Und was passiert in deinem Experiment, wenn du dem Gelb das Grün entziehst? Es wird Rot – so, wie wir die Sonne am Abend sehen.

Wenn du die Hand in das Licht der verschiedenfarbigen Lampen hältst, erkennst du auf dem Papier viele bunte Farben. Für jede der Lampen stellt deine Hand ein Hindernis dar und es bildet sich ein Schatten. Dieser kann aber von den anderen Lampen beleuchtet werden. So entstehen Schatten in den verschiedensten Farbmischungen - **bunte Schatten**.



Essen ist wichtig, denn es verschafft dir die **Energie**, die du brauchst, um dich bewegen und um denken zu können, damit dein Herz schlagen und deine Lunge atmen kann. Wie aber kommt die Energie in deine Nahrung? Wenn die Sonne scheint, können grüne Pflanzen mit Hilfe von Wasser (aus dem Boden) und Kohlenstoffdioxid (aus der Luft) Sauerstoff und Kohlenhydrate (Zucker) erzeugen.



Dieser Prozess heißt **Photosynthese**. Dabei wächst die Pflanze. Wenn du Obst und Gemüse isst, nimmst du diese Kohlenhydrate zu dir. Isst du Fleisch oder Fisch, stammt die aufgenommene Energie ursprünglich ebenfalls aus Kohlenhydraten, denn die Tiere haben zuvor die Pflanzen gefressen. Durch die richtige Ernährung nimmst du auch Eiweiße, Fette, Mineralien und Vitamine auf. Und damit das gut funktioniert, braucht es den Geschmack.

Wie „schmeckt“ das Sonnenlicht? Unsere fünf Geschmacksrichtungen

Experiment 2

So wird's gemacht.

Fülle ein Trinkglas bis zur Hälfte mit Wasser. Gib nun so lange Süßstoff in das Wasser, bis du bei der Kostprobe einen bitteren Geschmack verspürst. Rühre zwischendurch immer wieder kräftig um!

Was bemerkst du?

Anfangs wird das Wasser mit dem Süßstoff angenehm süß schmecken. Gibst du immer mehr Süßstoff in das Wasserglas, wird der süße Geschmack plötzlich durch den bitteren Geschmack verdrängt.

Materialien



Warum ist das so?

Wenn unsere Nahrung nach nichts schmecken würde, wäre das sehr langweilig oder sogar gefährlich. Auf deiner **Zunge** befinden sich deshalb viele kleine rote Punkte. Schau sie dir doch mal im Spiegel an! Das sind die **Geschmacksknospen**, mit deren Hilfe man die **Geschmacksrichtungen** erkennen kann: **süß, sauer, bitter, salzig** – und **umami**. Dieses Wort kommt aus dem Japanischen und bedeutet „lecker“. Warum nehmen wir nun ausgerechnet diese fünf Geschmacksrichtungen wahr? Wenn du etwas **Süßes** (Kohlenhydrate) isst, weiß dein Körper, dass du nun Energie und damit viel Kraft bekommst. Hast Du hingegen etwas **Saures** im Mund, wird Speichel produziert, um die Säure zu verdünnen, damit die Schleimhäute nicht verletzt werden. **Salze** und Mineralien müssen täglich ersetzt werden, besonders, da sie beim Schwitzen verloren gehen. **Bitter** ist die einzige unangenehme Geschmacksrichtung, denn vieles, was bitter schmeckt, ist für uns giftig oder ungenießbar. Ist der bittere Geschmack zu stark, wirst du wohl alles wieder ausspucken. Aber Achtung: Es gibt auch Schädliches und Ungesundes, das gut schmeckt!

Warum schmecken aber nun (zu) viele Süßstofftabletten bitter? **Süßstoff** ist ein Zuckerersatz, der in Wirklichkeit gar nicht süß ist. Er passt jedoch genau auf die Geschmacksknospen, die auf Süßes reagieren, so dass wir meinen, etwas Super-Süßes im Mund zu haben. Sind diese jedoch alle besetzt, so dockt sich der im Wasser gelöste Süßstoff an die Geschmacksknospen für Bitter an, da jene denen für Süß sehr ähnlich sind. Dem Gehirn wird nun signalisiert, dass da etwas Bitteres im Mund angekommen sei...



Beim Essen nimmst du Kohlenhydrate auf, die von Pflanzen mit Hilfe des Sonnenlichtes unter Abgabe von Sauerstoff gebildet wurden. Gleichzeitig atmest du Sauerstoff ein. Ernährung ist also „Photosynthese rückwärts“ - und **Sonnenlicht schmeckt süß!**

Unser Auge

Wie Bilder an einer Wasserkugel-Linse entstehen

Experiment 3

Materialien

 rundes Glasgefäß (Weinglas, kugelförmige Vase)

 Wasser

 Kerze (etwas kleiner als das Glasgefäß)

 Streichhölzer oder Feuerzeug

 weißes Papier

 eventuell eine Lupe

So wird's gemacht.

Fülle das runde Glasgefäß bis knapp unter den Rand mit Wasser. Stelle die brennende Kerze in einem Abstand von etwa 10 cm vor das Glas. Dabei sollte die Kerzenflamme die gleiche Höhe haben wie der Bauch des Glases. Eventuell musst du dazu die Kerze auf eine Erhöhung stellen. Nun hältst du das weiße Papier so hinter das Weinglas oder die Kugelvase, dass du die Kerzenflamme darauf erkennen kannst. Wenn du eine Lupe hast, kannst du überprüfen, ob bei ihr das gleiche passiert. Halte dazu die Lupe zwischen die Kerze und das weiße Blatt Papier.

Was beobachtest du?

Schaust du in das wassergefüllte Glas, siehst du die brennende Kerze oder zumindest deren Flamme gleich mehrmals. Am vorderen Glasrand er-

Warum ist das so?

Ein **rundes Glasgefäß** kann als einfaches **Modell für unser Auge** dienen. Vorn im Auge ist eine **Linse**, am Augenhintergrund befindet sich die sogenannte **Netzhaut**. Durch die Linse fällt Licht in das Auge und trifft auf die Netzhaut. Auf dieser befinden sich **Sinneszellen**, die auf Hell und Dunkel und auf die Farben des Lichtes reagieren. Das im Auge eingefangene Bild wird nun als Information an das Gehirn weitergeleitet und dort noch bearbeitet. Was du dann letzten Endes glaubst zu sehen, ist das Ergebnis dieser **Bildverarbeitung**. Bei dem runden Glasgefäß hast du



scheint die Kerze verkleinert. Dort spiegelt sie sich. Am hinteren Glasrand ist sie ebenfalls verkleinert zu sehen, allerdings steht sie dort auf dem Kopf. Hältst du das weiße Papier hinter das Glas, erscheint das Bild der Kerze auf dem Papier – verkehrt herum zwar, dafür aber stark vergrößert. Du musst allerdings den richtigen Abstand zwischen Glas und Papier finden, aber das kannst du durch Ausprobieren herausbekommen.

gesehen, dass das Bild der Kerze **auf dem Kopf stehend** erscheint. Auch in deinem Auge stellt sich die ganze Welt erst einmal verkehrt herum dar. Da du aber schon viel **Lebenserfahrung** hast, weißt du, was **oben und unten** ist: Dein Gehirn dreht das vom Auge gesehene Bild wieder rum! Ganz kleine Kinder sehen ihre frühe Welt jedoch auf dem Kopf stehend. Ihnen fehlt noch die nötige Lebenserfahrung, um zu wissen, was oben und unten ist. Erst wenn Kinder diese Erfahrungen haben, drehen sich die Bilder im Kopf automatisch richtig herum.



Vor vielen Jahren, als es noch kein elektrisches Licht gab, war es für viele Handwerker – z. B. die Schuhmacher – sehr mühsam, nach Einbruch der Dunkelheit noch zu arbeiten. Um den Arbeitsplatz zu beleuchten, nutzten sie ein kugelförmiges, mit Wasser gefülltes Glasgefäß, hinter das eine Öllampe oder eine Kerze gestellt wurde. Das gefüllte Glasgefäß wirkte wie eine Sammellinse. Es bündelte das diffuse Licht der Flamme und lenkte es somit genau auf einen Punkt. Alle Lichtstrahlen, die dort zusammenkommen, leuchteten gemeinsam so hell, dass die Schuhmacher genug sehen konnten, um auch feine Näharbeiten auszuführen. Daher kommt der Name **Schusterkugel**.

Der Trick mit dem Knick ... den ein Indianer kennen muss, wenn er einen Fisch fangen will.

Experiment 4

So wird's gemacht.

1. Fülle das Glasgefäß bis etwas über die Hälfte mit Wasser. Stelle nun den Löffel hinein und bewege diesen langsam hin und her.
2. Befülle die Schüssel so, dass das Wasser etwa 5 Zentimeter hoch steht. Lege die Murmel oder den Stein („Fisch“) in die Mitte. Ziele nun mit dem „Speer“ (Metallstab) auf den „Fisch“. Wenn du meinst, den „Fisch“ im Visier zu haben, dann stoße langsam zu. Achte beim „Anvisieren“ darauf, dass die Speerspitze nicht ins Wasser eintaucht, das würde einen echten Fisch nämlich sofort vertreiben.



Warum ist das so?

Der Löffel im Glas ist sichtbar, weil Licht auf ihn fällt, das zurück in unser Auge geworfen wird. Befindet sich der Löffel an der hinteren Wand des Glasgefäßes, sind zwischen ihm und dem Auge sowohl das gewölbte Glas als auch das Wasser, das wie eine **Lupe** wirkt. Die vom Löffel zurückgeworfenen Lichtstrahlen werden so abgelenkt, dass das entstehende Bild in die Breite gezogen wird und somit vergrößert erscheint. Wird der Löffel in ein nur mit Luft gefülltes Glas gestellt, ergibt sich kein Vergrößerungseffekt. Licht bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von knapp **300 000 Kilometer pro Sekunde durch die Luft**. Im Wasser kommt das Licht weniger schnell voran, nur noch etwa **225 000 Kilometer pro Sekunde**. Auch du kannst dich an der Luft schneller bewegen. Bewegungen im Wasser fallen dir garantiert schwerer. Wasser und Luft haben nämlich eine unterschiedliche Dichte an Teilchen.

Was beobachtest du?

1. Ziehst du den Löffel langsam durch das Wasser, scheint es dir, dass dieser immer größer wird, je weiter du ihn von deinem Auge entfernst. Verfolgst du den Löffel von der Spitze, die auf dem Glasboden ist, bis hoch zum Löffelstiel, sieht es beim Übergang vom Wasser zur Luft so aus, als ob der Löffel dort einen Knick hätte.
2. Ähnlich wie beim Löffel erscheint auch bei deinem Speer ein Knick. Das hat zur Folge, dass du trotz genauen Zielens die Murmel verfehlen wirst. Zielst du anstatt direkt auf die Murmel etwas vor dieselbe, so triffst du plötzlich.



Materialien

-  rundes Glasgefäß (Kugelvase oder Weinglas)
-  Wasser
-  Löffel
-  größere Wasserschüssel
-  Glasmurmel oder Stein (etwa 1 Zentimeter Durchmesser)
-  Metallstab (60 bis 80 Zentimeter lang)



An der **Grenzfläche zwischen Wasser und Luft** ändert das Licht also die Geschwindigkeit, wobei es zu einer geringen Richtungsänderung kommt: Das Licht macht einen Knick, es wird „**gebrochen**“. Das nennt man **Lichtbrechung**. Du kannst Dinge, die sich unter Wasser befinden sehen, weil von ihnen aus Licht in dein Auge fällt. Dass dieses Licht auf seinem Weg zum Auge einen Knick macht, siehst du aber nicht. Dein Gehirn geht davon aus, dass das Licht ohne Knick zu dir kommt. Deshalb siehst du einen Gegenstand stets dort, wo er sich befinden würde, wenn das von ihm kommende Licht auf einer geraden Linie unterwegs gewesen wäre. Somit kannst du noch so genau mit deinem „Speer“ zielen – du wirst vorbei stoßen, da die Murmel nicht dort liegt, wo du sie meinst zu sehen. Du musst an eine andere Stelle zielen – etwas darunter. Das weiß der Indianer, der mit dem Speer einen Fisch fängt, ganz genau. Er trifft fast immer!

Die tauchende Kerze

Experiment 5

Materialien

 rundes Glasgefäß (Weinglas oder Kugel-vase)

 Wasser

 farbige Kerze (etwas kleiner als das Glas-gefäß)

 Streich-hölzer oder Feuerzeug

 Plexiglas- oder Glasscheibe (etwa 20 mal 20 Zentimeter), z. B. aus einem Bilderrahmen

 durchsichtiges Plastiklineal

 Papier

 Stift

So wird's gemacht.

Wenn du das runde Glasgefäß nahezu randvoll mit Wasser gefüllt hast, stelle die brennende Kerze in einem Abstand von ungefähr 10 Zentimetern vor das Glas. Die Kerzenflamme soll sich dabei auf Höhe der Wölbung des Glases befinden. Nun hältst du die Scheibe zwischen die Kerze und das runde Glasgefäß.

Was beobachtest du?

Schaust du durch beziehungsweise auf die Glasscheibe, scheint es dir, als ob die brennende Kerze mitten in deinem Kugelgefäß unter Wasser steht. Wenn der Raum, in dem du diesen Versuch machst, abgedunkelt ist, ist der Effekt noch eindrucksvoller!

Warum ist das so?

Die Glasscheibe ist **durchsichtig** und wirkt gleichzeitig wie ein **Spiegel**. Das kennst du auch von **Schaufenstern**: Du kannst die Auslagen der Geschäfte erkennen und dich gleichzeitig in der Schaufensterscheibe etwas spiegeln. Weil die Glasscheibe durchsichtig ist, siehst du das mit Wasser gefüllte Gefäß. Und da diese Scheibe auch spiegelt, erkennst du in ihr das Spiegelbild der Kerze. Du siehst nun **zwei Bilder gleich-**

zeitig: Das, was du durch die Scheibe und das, was du in der Scheibe als Spiegelbild siehst. Diese beiden Bilder überlagern sich. Du nimmst alles gleichzeitig und als ein einziges Bild wahr. Und da ein Spiegelbild immer aus der Tiefe des Spiegels zu kommen scheint – nämlich von so weit hinten wie der Gegenstand (also die Kerze) selbst vor dem Spiegel steht – landet das Spiegelbild der Kerze genau im Glasgefäß. Es scheint so, als brenne die Kerze unter Wasser!



Du kannst einzelne **Wassertropfen** als Lupe verwenden. Lege ein durchsichtiges Plastiklineal auf ein Blatt Papier, auf das du etwas geschrieben hast. Tropfe nun etwas Wasser auf das Lineal. Die Tropfen nehmen die Form einer Linse an und wirken daher wie **kleine Lupen**.





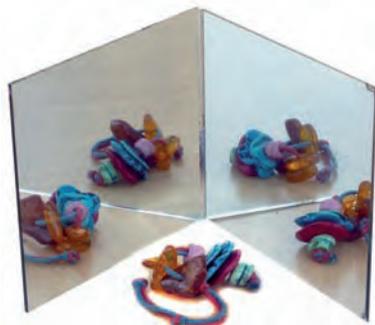
So wird's gemacht.

Verbinde zwei Spiegel miteinander, indem auf die Rückseite eines der Spiegel an eine seiner Seiten ein Streifen Klebeband angebracht wird. Dieser soll zur Hälfte überragen. Den zweiten Spiegel legst du so auf das Klebeband, dass etwa 2 bis 3 mm Platz zwischen den beiden Spiegeln bleibt. Die so verbundenen Spiegel lassen sich gegeneinander bewegen und zusammenklappen.

1. Stelle die beiden Spiegel aufrecht auf den Tisch und lege eine kleine Figur dazwischen. Nun kannst du die beiden Spiegel gegeneinander bewegen und veränderst damit den Winkel zwischen ihnen.
2. Stelle die beiden Spiegel in einem rechten Winkel auf den dritten Spiegel. Das Ganze ähnelt jetzt einer Zimmerecke – unten der Fußboden und darauf zwei Wände, die sich in der Ecke treffen. Die Vorderseiten der Spiegel sollen alle nach innen gerichtet sein.

Außergewöhnliche Spiegelbilder

Experiment 6



Was beobachtest du?

Stellst du die Figur in das aus den zwei Spiegeln bestehende Spiegelkabinett, ist sie unterschiedlich oft in den einzelnen Spiegeln wiederzusehen. Wie oft genau, hängt vom Winkel zwischen diesen Spiegeln ab. Je dichter du die beiden Spiegel zusammenrückst, desto

größer wird die Zahl der Spiegelbilder. Die Variante mit den drei Spiegeln macht es dir möglich, dich in dieser Spiegelanordnung zu sehen, selbst wenn du extrem von der Seite in die Spiegel schaust. Versuche dabei, dich genau in dem Punkt zu spiegeln, in dem sich die drei Spiegel treffen. Du siehst dein Gesicht auf dem Kopf stehend und seitenverkehrt.

Warum ist das so?

Hast du schon einmal den Begriff **Kaleidoskop** gehört? Das Wort Kaleidoskop kommt aus dem Griechischen und bedeutet **schöne Formen sehen**. Die beiden miteinander verbundenen Spiegel zeigen dir das Prinzip des Kaleidoskops. Ab einem bestimmten Knickwinkel zwischen den beiden Spiegeln sieht man in den Spiegeln nämlich nicht nur das Spiegelbild der Figur, sondern deren Spiegelbilder spiegeln sich noch einmal oder gar mehrfach. Die spezielle Anordnung der drei Spiegel ergänzt um deren gemeinsamen Mittelpunkt herum die einzelnen Spiegelbilder zu einem Gesamtbild. In jedem der drei Spiegel spiegelt sich ein Teil deines Gesichts. Alle drei Teile zusammen ergeben dein komplettes Gesicht. So ein Spiegel heißt **Egoistenspiegel** – für Leute, die sich selbst gerne im Mittelpunkt stehend sehen. Eine technische Anwendung sind die **Katzenaugen** am Fahrrad. Wenn diese durch einen Autoscheinwerfer angestrahlt werden, wird das Licht genau zum Auto zurückgespiegelt. Hast du einer Katze schon einmal in der Dämmerung in die Augen geschaut? Dort spiegelt sich das Licht genauso. Katzen können abends und nachts viel mehr sehen als wir – weil ihnen alles heller erscheint, da jeder Lichtstrahl praktisch zweimal an ihren Sehsinneszellen vorbei kommt.



Materialien

 drei gleichgroße rechteckige Spiegel
(Taschenspiegel, Spiegelkacheln aus dem Baumarkt)

 Klebestreifen (Gewebeband)

 eine kleine Spielfigur

Der einfachste Fotoapparat der Welt

Experiment 7

Materialien

 Papprolle
(z. B. vom
Toiletten-
papier)

 Alu-Folie

 Pergamentpapier
(Butterbrotpapier)

 Schere

 Klebestreifen
(Malerkrepp
oder Tesafilm)

 Nadel

 schwarzes Tonpapier

 evtl. mehrere
Schreibtischlampen
mit bunten Glüh-
lampen

So wird's gemacht.

Schneide jeweils ein Stück (etwa 8 mal 8 Zentimeter) von dem Pergamentpapier und der Alu-Folie ab. Lege das Papier so über die eine Öffnung der Papprolle, dass es mit dem Klebestreifen straff befestigt werden kann. Die Öffnung soll so glatt wie möglich bedeckt sein. Damit dies gelingt, ist das Pergamentpapier an den Rändern etwas einzuschneiden. Befestige die Alu-Folie ebenso straff auf der anderen Seite. Nimm das schwarze Tonpapier und rolle es so auf, dass es genau um die Papprolle passt. Fixiere das schwarze Papier mit dem Klebestreifen an der Seite der Papprolle, wo das Pergamentpapier aufgespannt ist. Ziehe das Tonpapier an der dir zugewandten Seite so weit auseinander, dass du es ganz dicht um deine Augen legen kannst. Pieke mit einer Nadel ein möglichst kleines Loch in die Mitte der Alu-Folie. Die Lochkamera ist nun fertig und du kannst sie ausprobieren. Dazu richte die Kamera auf eine möglichst helle Lichtquelle und schaue auf das Pergamentpapier. Das Ganze klappt besonders gut in einem abgedunkelten Raum, in dem nur die „anvisierte“ Lichtquelle leuchtet. Du kannst die Kamera auch im Freien benutzen. Suche dir dort möglichst große Objekte wie Häuser oder Bäume, auf die du die Lochkamera richtest. Blicke durch die Kamera jedoch niemals in die Sonne!!!

Warum ist das so?

Von jedem sichtbaren Gegenstand geht **Licht** aus. Entweder **leuchtet** der Gegenstand selbst, oder er wird **angeleuchtet** und reflektiert das auf ihn treffende Licht. Da die Lochkamera nur wenig Licht auffängt, sollte der betrachtete Gegenstand möglichst hell leuchten. Deswegen eignet sich eine Lampe besonders gut hierfür. Das Licht trifft auf die Alu-Folie und wird von dieser nahezu komplett **zurückgespiegelt**.



Was beobachtest du?

Auf dem Pergamentpapier bildet sich ein Bild der Lichtquelle ab. Aber auch Bäume, Häuser und dergleichen sind zu erkennen. Die Bilder stehen allerdings auf dem Kopf. Das sichtbare Bild ist recht lichtschwach. Deshalb ist es wichtig, das Auge vor zuviel anderem Licht zu schützen. Außerdem sollte das betrachtete Objekt hell sein, also viel Licht von ihm ausgehen.

Lediglich ein winziger Teil davon gelangt durch das kleine Loch in der Alu-Folie in das Innere der Kamera. Dort trifft es auf das Pergamentpapier. Durch ein größeres Loch würde zwar mehr Licht einfallen, aber das Bild würde unscharf werden. Jede Kamera sieht die Welt erst einmal **verkehrt herum**, so auch deine Lochkamera. Im Freien wirst du also Bäume und Häuser auf dem Kopf stehend sehen.

Beobachten, ohne selbst gesehen zu werden

Experiment 8

So wird's gemacht.

Schneide oder säge aus deiner Papprolle an zwei möglichst weit voneinander entfernten Stellen zwei Öffnungen aus, in die du dann jeweils einen Spiegel einklebst. Diesen kannst du entweder mit Klebeband (z. B. Gewebeklebeband), doppelseitig klebendem Band oder Kleber fixieren. Die Spiegel sollen in einem Winkel von 45° so eingepasst werden, dass sie sich mit ihren Spiegelflächen ansehen. Dadurch kann das Spiegelbild des ersten Spiegels genau auf den zweiten Spiegel fallen und von dort dann in dein Auge. Du kannst nun von außen dein Periskop noch gestalten, ob mit Tuschefarben, Filzstift oder Buntpapier, ist dir überlassen.

Was beobachtest du?

Wenn du dich zum Beispiel hinter einem Sessel versteckst, kannst du mit deinem Periskop dennoch sehen, was auf der anderen Seite vor sich geht, ohne selbst gesehen zu werden. Der obere Spiegel schaut praktisch für dich, schickt sein Bild zum unteren Spiegel und in diesem kannst du es dann sehen.

Warum ist das so?

Übersetzt heißt Periskop soviel wie „das Drumherum ausspähen/beobachten“. Periskope werden verwendet, wenn man aus einer **Deckung** heraus etwas beobachten möchte und selber dabei nicht gesehen werden will. **U-Boot-Fahrer** orientieren sich damit und können sich anschauen, was auf der Wasseroberfläche vor sich geht – ohne dazu extra auftauchen zu müssen. Daher kennt man Periskope auch unter dem Namen **Sehrohr**, manchmal auch unter **Seerohr**.

Materialien



möglichst stabile Papprolle (Poster werden z. B. in solchen Rollen transportiert, auch Küchen-Alu-Folie ist meist auf stabilen Rollen aufgewickelt)



Bleistift



Säge



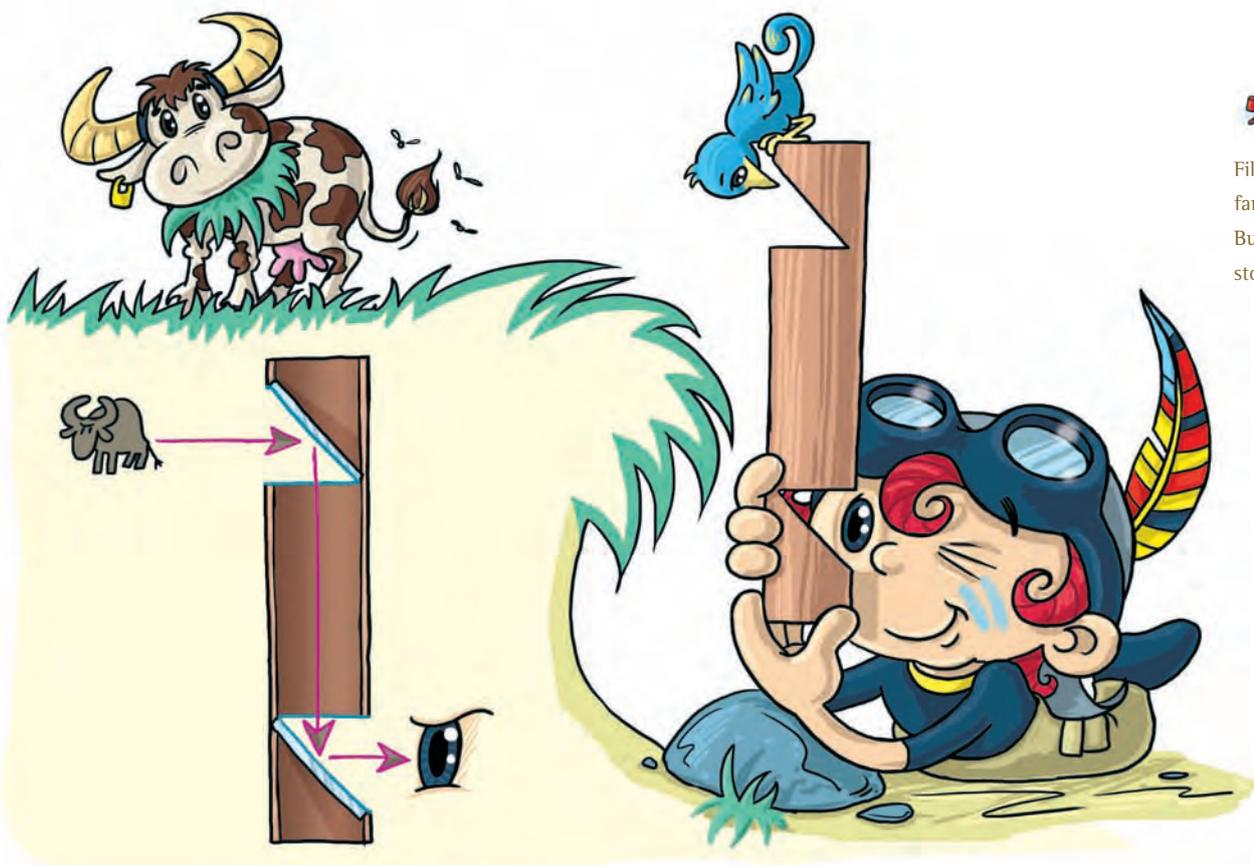
zwei Taschenspiegel

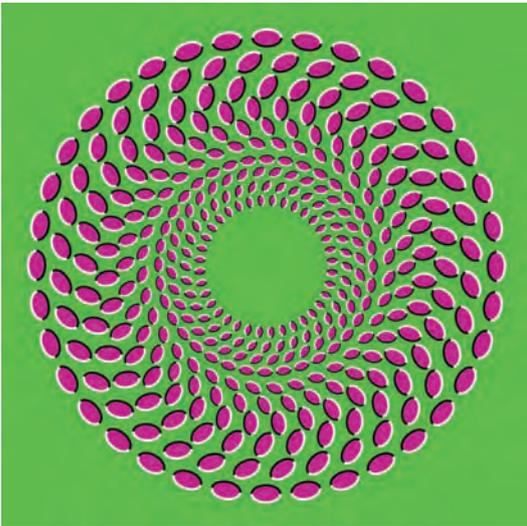


Klebeband (ggf. doppelseitig klebendes Band) oder Kleber



Filzstifte oder Tuschefarben (alternativ: Buntpapier und Klebstoff)





Warum sich manche Bilder zu bewegen scheinen

Experiment 9

Schau dir die auf dieser Seite abgebildeten Motive genau an!

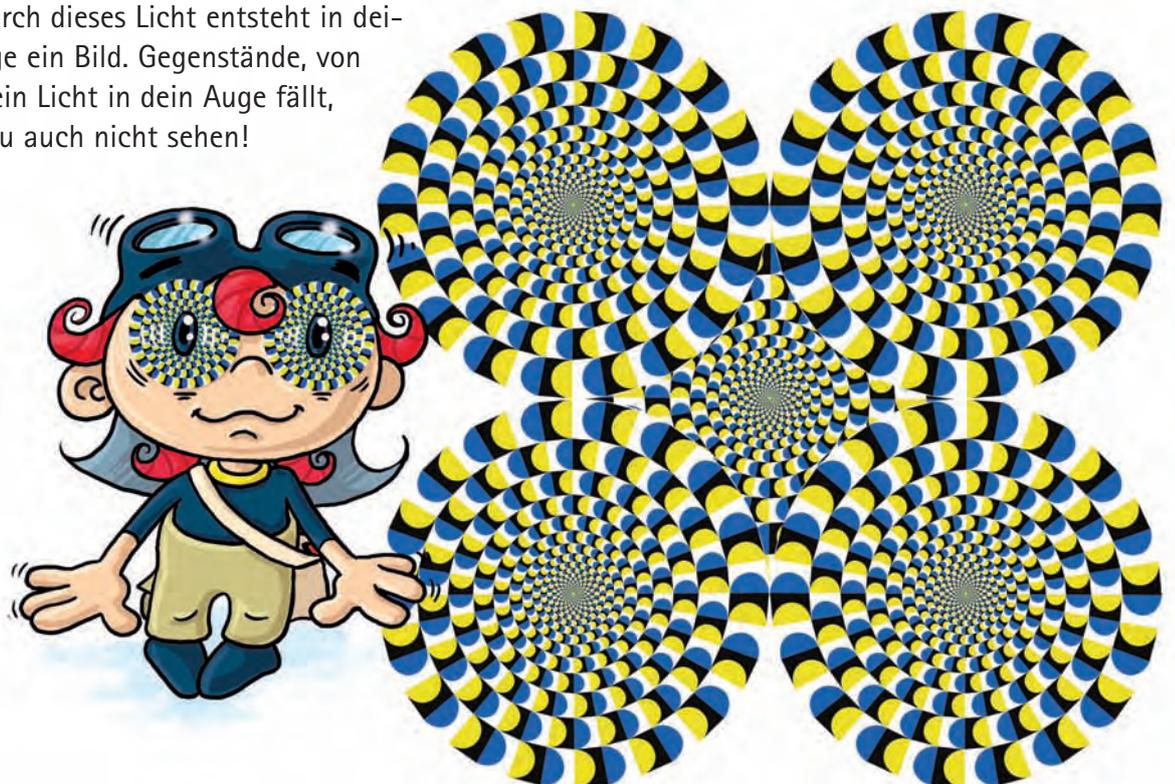
Was beobachtest du?

Du meinst, Bewegungen zu entdecken, obwohl sich ja eigentlich bei einem solchen einzelnen Bild gar nichts bewegen kann!

Warum ist das so?

Bei Bildern, die du in Büchern oder im Internet zum Thema **optische Täuschung** finden kannst, geht es meist immer wieder um das Gleiche: Irgend etwas erscheint seltsam, ungewöhnlich, ist unerwartet. Dinge scheinen zu verschwinden, obwohl sie da sind oder zu erscheinen, obwohl es sie nicht gibt. Die hier abgebildeten Motive erwecken den Eindruck, dass sich etwas **bewegt, wabert, sich im Kreise dreht**. Wieso passiert das? Wichtig ist zu wissen, dass ein Bild, welches in deinem Auge entsteht, noch lange nicht das ist, was du siehst! Von jedem Gegenstand, den du sehen kannst, geht Licht aus, entweder weil er selber leuchtet oder weil er angeleuchtet wird und dann Teile des Lichts von ihm zurück-reflektieren. Dieses Licht fällt dann in dein Auge, durch dieses Licht entsteht in deinem Auge ein Bild. Gegenstände, von denen kein Licht in dein Auge fällt, kannst du auch nicht sehen!

Wie du bereits weißt, wird das Bild im Auge an dein **Gehirn** weitergeleitet. Dort tritt so etwas wie ein **Bildverarbeitungssystem** in Aktion. Dein Gehirn bearbeitet also das vom Auge gesehene Bild und erst danach entsteht für dich das fertige Bild. Bei unseren Motiven handelt es sich um ungewöhnliche Anordnungen immer gleicher kleiner Motive. Außerdem wurden recht deutliche Kontraste verwendet. Bei dem Versuch, diese ungewöhnlichen Anordnungen zu verarbeiten, kommt das Bildverarbeitungssystem in unserem Gehirn etwas durcheinander und liefert uns einen **fehlerhaften Bildeindruck**, nämlich den, dass sich dort etwas bewegt.



Kann ein Blatt Papier nur eine Seite haben?

Experiment 10

So wird's gemacht.

Aus einem karierten Blatt Papier schneidest du 5 Längsstreifen, die genau 8 Kästchen breit sein sollen. Ein A4-Blatt reicht hierfür gerade aus. Schneide bitte wirklich sauber, immer an der Kante entlang. Da das Papier kariert ist, müsste das eigentlich gut klappen.

Drei der Streifen schneidest du an einem der schmalen Enden etwas ein: entlang der dick gezeichneten Linien (untere Skizze), also etwa 8 - 10 Kästchen weit. Das hat den Vorteil, dass du nach dem Zusammenkleben einen Ansatz für die Schere findest und nicht durch das Papier stechen musst. Biege nun einen der beiden Streifen, die du nicht eingeschnitten hast, zu einem einfachen Ring und verklebe die Enden so, dass sich dabei etwa 4 Kästchen überlappen. Nimm den zweiten Streifen ohne Einschnitt und biege ihn ebenfalls zu einem Ring. Bevor du dessen beide Enden verklebst, verdrehe eines der Enden um 180° , also drehe die Unterseite nach oben. Die Enden dieses nun verdrehten Ringes verklebst du wieder. Das so entstandene Gebilde heißt nicht mehr Ring, sondern Möbiusband. Verklebe nun die drei eingeschnittenen Streifen ebenfalls zu einem Möbiusband. Schneide sorgfältig entlang der schon eingeschnittenen Linien, und dann weiter entlang der Kästchenlinien.

Materialien



kariertes
Papier (A4)



Klebstoff
oder
Klebe-
streifen



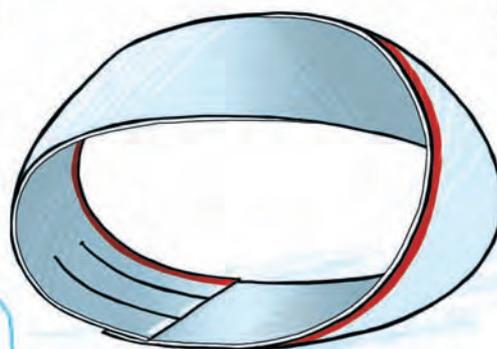
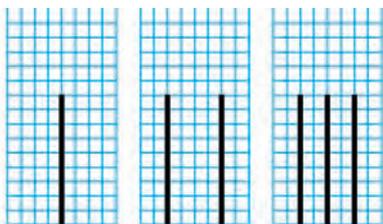
Stifte



Schere

Das Möbiusband wurde vor 150 Jahren von dem Leipziger Mathematiker August Ferdinand Möbius (1790 bis 1868) erstmals beschrieben.

Der niederländische Künstler Maurits Cornelis Escher (1898 - 1972) hat vor etwa 50 Jahren ein berühmt gewordenes Bild gezeichnet: Ameisen, die entlang eines Möbiusbandes laufen. Verfolge in Gedanken ihren Weg!





Was beobachtest du?

1. Betrachte die beiden Bänder, welche du zuerst verklebt hast. Haben sie eine oder zwei Seiten? Haben sie einen Rand oder zwei Ränder?

Um zu zeigen, dass das Möbiusband tatsächlich nur einen Rand hat, fahre mit deinem Finger (vorsichtig, denn auch an Papier kann man sich schneiden!) am Rand entlang. Du wirst feststellen, dass du ohne abzusetzen jede Randstelle berühren kannst. Zum Vergleich, dass das bei einem einfach verklebten Ring nicht geht, probiere das Gleiche bei diesem. Nun musst du einmal absetzen, um vom linken Rand zum rechten Rand zu gelangen.

Und um dir klarzumachen, dass das Möbiusband nur eine einzige Seite hat, bemale eine Seite mit einem Buntstift, ohne ihn dabei abzusetzen. Mache das Gleiche auch bei dem einfachen Ring. Am Ende wird der einfache Ring entweder innen oder außen, aber auf keinen Fall auf beiden Seiten bemalt sein. Das Möbiusband hingegen wird überall farbig sein: Es hat nur eine Seite, denn dass du beim Zeichnen den Stift nie abgesetzt hast, heißt, dass du die ganze Zeit auf ein und derselben Seite warst.

2. Nachdem die drei vorher eingeschnittenen Bänder komplett geschnitten sind, liegt folgendes Ergebnis vor:

Im ersten Fall, also beim Durchschneiden entlang der Mittellinie (wobei du sicher dachtest, das Möbiusband zu halbieren, so dass es in zwei Teile zerfällt), entsteht ein zweifach verdrillter Ring mit (ganz normal) zwei Seiten und (ganz normal) zwei Rändern. Beweisen kannst du das, indem du mit dem Finger am Rand entlang fährst oder mit einem Stift eine Linie auf einer Seite zeichnest. Anhand dieser Linie kannst du sehen, dass du ein Band mit Vorder- und Rückseite hast, also KEIN Möbiusband mehr.

Im zweiten Fall entstehen zwei Objekte: Ein Möbiusband und ein zweifach verdrillter Ring (mit ganz normal zwei Seiten), die ineinander hängen. Im dritten Fall hat man das Band gevierteilt: Es entstehen zwei doppelt verdrillte Bänder (mit ganz normal zwei Seiten), die nicht nur ineinander hängen, sondern auch noch einmal mehr umeinander geschlungen sind.

Warum ist das so?

Es gibt wohl kaum jemanden, der vorher abschätzen kann, was dabei entsteht, wenn man Möbiusbänder derart wie angegeben zerschnei-

det. Da kann man sich mächtig täuschen. Manchmal reicht eben unsere Vorstellungskraft nicht sehr weit!

Geheimbilder

Experiment 11

So wird's gemacht.

Male mit den weißen Kerzen einfache Bilder (Smiley, Baum, Wolke...) oder auch Schrift (deinen eigenen Namen ...) auf das weiße Papier. Gib einige Tropfen der Lebensmittelfarben auf das Blatt, verteile und verreihe die Farbe mit dem Schwamm oder dem Tuch.

Was beobachtest du?

Nachdem du die Lebensmittelfarbe auf dem Blatt verteilt hast, kannst du die Stellen erkennen, an denen sich das Wachs bild befindet: Sie bleiben nämlich weiß. Das zuvor mit weißem Wachs auf weißem Papier Gezeichnete tritt hervor, weil sich alle anderen Stellen des Papiers bunt einfärben. Verwendest du mehr als eine Farbe, mischen sich die Farben zu neuen Farben (Gelb + Rot = Orange, Gelb + Blau = Grün ...).

Materialien



weißes Papier



weiße Kerzen
(z. B. Pyramidenkerzen)



Taschentuch,
Küchentuch
oder Schwamm



Lebensmittelfarbe
(rot, gelb,
blau)



Warum ist das so?

Wachs wird auf das Papier aufgetragen und liegt danach wie eine Schutzschicht auf der Papieroberfläche. Das Papier saugt sich mit der wasserlöslichen Lebensmittelfarbe voll. Dort allerdings, wo sich Wachs auf dem Papier befindet, kann die Farbe nicht bis zum Papier vordringen. Also kann sich dort das Papier nicht vollsaugen. Das Wachs selbst kann die wasserlösliche Farbe jedoch nicht annehmen, weswegen du dort die Farbe mit deinem Schwamm oder dem Tuch regelrecht wegwischst. Dadurch tritt das weiße Wachs erkennbar hervor. Das zuvor gezeichnete und zunächst nicht erkennbare Bild (weil: weiße Farbe auf weißem Untergrund) hebt sich nun farblich von der bunten Umgebung ab, indem es weiß bleibt.

Die einzelnen Farben können sich mischen. Es entstehen verschiedene Mischfarben, je nachdem, in welchen Anteilen das Rot, das Gelb und das Blau vorhanden sind. Die auf diese Weise entstehenden Farben sind stets etwas dunkler als die Ausgangsfarben. Mischst du zum Beispiel alle Farben eines Tuschkastens zusammen, wird das Ergebnis ein dunkles Schwarz sein. Weil nach und nach die Helligkeit weniger wird, nennt man das Ganze subtraktive Farbmischung (s. auch Experiment 1) .

Auf diese Weise kannst du geheime Botschaften austauschen. Wichtig bei Geheimschriften ist stets, dass nur der Empfänger weiß, wie er sie wieder sichtbar machen kann!





Das Exploratorium Potsdam ist mehr als einen Besuch wert!

Attraktive Angebote bereichern den Wissensschatz und erweitern den Horizont

Info Wie Sie das Exploratorium Potsdam erreichen und alle andere Wissenswerte (Öffnungszeiten, Preise etc.), erfahren Sie unter www.exploratorium-potsdam.de Oder Sie rufen unseren Besucherservice an, der Sie gern im Detail informiert und berät: (0331) 87 73 628. Wenn Sie uns schreiben wollen: kontakt@exploratorium-potsdam.de

Jeden Tag experimentieren Grundschul Kinder in der wissenschaftlichen Mitmachwelt Exploratorium Potsdam – entdecken, erkunden und hinterfragen Naturphänomene. Die meisten ergänzen einen Besuch der Ausstellung mit 130 interaktiven Exponaten mit einem Experimentierkurs. Wegen der hohen Nachfrage wurde ein spezielles „Schulprogramm“ entwickelt. Zu allen relevanten Themen aus Mathematik, Physik, Chemie und Biologie finden Lehrerinnen und Lehrer interessante Kursangebote. Dabei erhalten die Kinder die Antworten auf genau die Fragen, die sie am meisten interessieren. Gemeinsam mit ihnen erkunden und entdecken wir die Phänomene und die Zusammenhänge. Und damit das Ganze die schulischen Rahmenlehrpläne effizient unterstützt und die pädagogische Arbeit erleichtert, stehen sorgfältig ausgearbeitete Vor- und Nachbereitungsmaterialien zur Verfügung. Insbesondere für die Nachbereitung empfehlen wir, Querbezüge aufzuzeigen und in andere Lebenswelten hineinzuschauen. Auch Bezüge zu Kunst und Geschichte sind möglich und sinnvoll. Es ist für die Kinder letztlich besonders dann motivierend, die Naturphänomene zu entdecken, wenn sie erkennen, dass diese in ihrem Alltag ständig vorkommen, dass es viele Zusammenhänge gibt und dass es einfach cool ist, mehr davon zu verstehen und zu durchschauen. Das Ziel besteht in einer nachhaltigen Verankerung des Interesses

an den Naturwissenschaften – und darin, dass den Kindern ihre Neugierde erhalten bleibt und sie mit Interesse erkunden und hinterfragen, wie ihre Welt funktioniert.

Besuchen Sie das Exploratorium Potsdam, ob im Rahmen eines Wandertages, einer Exkursion oder als Unterrichtsergänzung. In den vergangenen zweieinhalb Jahren haben uns mehr als

200 000 Kinder besucht und waren begeistert. Tausende haben danach sogar ihren Kindergeburtstag im Exploratorium Potsdam gefeiert.

Im Wissenschaftsjahr 2009 wurde auch im Exploratorium Potsdam eine Pass-Station der „Forschungsexpedition Deutschland“ eingerichtet. Hier warten "geheimnisvolles Licht und unsichtbare Farben" auf wissbegierige Forschungsreisende aus Nah und Fern. Diese erleben beim spannenden Experimentieren so ziemlich alles, was man zum Licht, seinen Farben und zum Sehen erkunden und entdecken kann. Der begehrte Stempel im Expeditions pass dokumentiert die erfolgreiche Arbeit an der Pass-Station.



IMPRESSUM

Herausgeber: Technischer Jugendfreizeit- und Bildungsverein (tjfbv) e.V.
 Vorsitzender: Thomas Hänsgen
 Geschäftsstelle: Wilhelmstraße 52 • D-10117 Berlin
 Fon +49(0)30 97 99 13 - 0
 Fax +49(0)30 97 99 13 - 22
www.tjfbv.de
info@tjfbv.de

Redaktion: Sieghard Scheffczyk
 Illustrationen: Egge Freygang
 Grafik-Layout: Sascha Bauer
 Druck: Möller Druck und Verlag GmbH
 1. Auflage: 25.000

GEFÖRDERT VOM

