

Inhaltsliste	
Farben und ihre Nachbilder	
Komplementärfarben	
Gefärbte und farbige Schatten	
Farbfilter	
Subtraktives Farbmischen	
Gedruckte Farben	
Additives Farbmischen	
Farben auf dem Kreisel	
Flimmerfarben	
Prismen-Farben	
Regenbogenlicht	
Der doppelte Regenbogen	
Dein persönlicher Regenbogen	
Farben durch optische Gitter.....	
Polarisationsfilter	
Experimente mit einem Diaprojektor oder Beamer.....	
Rote Sonne und blauer Himmel	
Welche Farbe hat das Wasser?	
Farbkreise	
Schlusswort	
Bücherempfehlungen	

Licht und Farben

ab 10 Jahre

Du bist gewohnt, deine Umgebung farbig zu sehen. Hast du dir schon einmal darüber Gedanken gemacht, woher die Farben kommen und warum unsere Welt farbig ist? Dieser Experimentierkasten gibt dir Anregungen zu sehr vielen Versuchen und Beobachtungen, bei denen du zuschauen kannst, wie Farben entstehen. Bei vielen Versuchen wundern sich auch Erwachsene, was geschieht und wo noch überall Farben in unserer nächsten Umgebung zu finden sind, die sie vorher nicht bemerkt haben.

Warnungen: Die Versuche mit brennenden Kerzen nur unter Aufsicht Erwachsener durchführen, Verbrennungs- und Brandgefahr. Die beigelegten Materialien aus Glas sind zerbrechlich, Schnittgefahr an eventuellen Bruchstellen. Nicht geeignet für Kinder unter 3 Jahren, enthält Kleinteile, Verschluckungsgefahr.

Bei keinem der Versuche direkt oder indirekt in die Sonne schauen! Erblindungsgefahr!
Firmenanschrift für spätere Rückfragen aufbewahren.

Walter Kraul GmbH, D-82057 Icking, www.spielzeug-kraul.de

Inhaltsliste:

8 Farbfolien	
2 Folienhalter (feiner Schlitz)	
8 farbige Kartons	
2 schwarze Kartons	
2 Spiegel	
2 Spiegelhalter (breiter Schlitz)	
1 Prisma	
1 Prismenhalter (V-Schlitz)	
2 Teelichte	
2 Polarisationsfilter	
1 Seidentuch	
1 „Regenbogengucker“	
1 Kreiselscheibe	
1 Kreiselachse	
6 schwarz-weiße Kreiselauflagen	
3 weiße Kreiselauflagen	
7 kleine farbige Kreiselauflagen	
7 große farbige Kreiselauflagen	

Was du noch gebrauchen kannst:

Beamer
Sonnenschein
Lampe in einem dunklen Raum

Erwachsene mit Streichhölzern
Weißes Papier
Klebstreifen
Farbstifte/Malkasten
Bauklötzchen
Schere, Locher
Bohrmaschine
Lupe
Gartenschlauch bei Sonnenschein
Diarähmchen
Nähfaden
Pappkarton
Durchsichtige Schüssel
Seife

Farben und ihre Nachbilder

Du brauchst: die Farbfolien, weißes Papier, die runde schwarze Kreiselaufage, Teelicht, Erwachsene mit Streichhölzern

Lege die rote oder die purpurfarbige Farbfolie auf eine weiße Unterlage. Dadurch erscheint die Farbe besonders intensiv und leuchtend. Sieh nun eine Minute lang wie verträumt auf die Mitte der Farbfolie, möglichst ohne die Augen zu bewegen. Dabei erscheint nach und nach am Rand der Folie eine andere Farbe. Wenn du dann plötzlich die Folie beiseite ziehst und weiter auf die gleiche Stelle siehst, erscheint dir die Fläche, auf der die Folie lag, nach kurzer Zeit deutlich andersfarbig. Diese neue Farbe ist außerdem von einer anderen Qualität, sie ist viel lichter und zarter. Nach etwa einer Minute ist dieses Nachbild wieder vergangen.

Wiederhole das Experiment zunächst mit der grünen Farbfolie. Welche lichte Farbe erscheint nun auf deinem Papier? Bevor du mit den anderen Folien und den Farbkartons weitermachst, sollten sich deine Augen zwischendurch ausruhen dürfen, denn es ist ein Experiment, das für deine Augen sehr anstrengend ist. Mit etwas Übung fällt es dir sicher leichter, die Nachbilder zu sehen, denn bei manchen Farben erscheinen nur ganz zartfarbige Nachbilder. Probiere es auch bei starker und schwacher Beleuchtung. Versuche es mit zwei oder mehr Farben nebeneinander und betrachte sie gleichzeitig. Anschließend siehst du ein mehrfarbiges Nachbild. Lege eine weiße Kreiselaufage auf eine Farbfolie und betrachte sie intensiv. Was passiert bei dem Nachbild, welche Farben entstehen nun? Und mit einer schwarzen Kreiselaufage? Zünde auch ein Teelicht an. Sei aber vorsichtig mit dem Feuer! Schau es dir eine Zeit lang an und suche das Nachbild. „Hell“ hat ein dunkles Nachbild. Mit etwas Übung entdeckst du von jeder intensiven Farbe, zum Beispiel von Kleidungsstücken anderer Leute das Nachbild. Suche das Nachbild auch auf einem farbigen Untergrund.

Komplementärfarben

Du brauchst: Farbfolien und Farbkartons, weißes Papier

Die ursprüngliche Farbe und die Nachbildfarbe nennt man zusammen „Komplementärfarben“. Sie ergänzen sich gegenseitig, das heißt, die komplementäre Farbe hat wieder die ursprüngliche als Nachbild. So erzeugt zum Beispiel die purpurrote Folie ein lichtgrünes Nachbild und die grüne Folie ein zart purpurnes. Bei den Folien und Farbkartons findest du diese Paare von Komplementärfarben (Abb. 1):

Abb. 1: Komplementär-Farbpaaare

Leider bekommen wir im Handel nicht die exakten Komplementärfarben-Kartons und -Folien. Mit Buntstiften und Malkasten kannst du versuchen, richtige Komplementärfarben-Paare zu finden.

Sieh dir nun auch deine Umgebung durch die Farbfolien an. Wenn du dich längere Zeit mit einer Farbfolie vor den Augen umgesehen hast, bist du an die Farbe gewöhnt. Nimmst du nun die Folie weg, so erscheint dir die Umgebung für ganz kurze Zeit in der Komplementärfarbe. Ähnliches kannst du auch mit Sonnenbrillen beobachten.

Suche nun das Nachbild einer in Leseweite vor dir liegenden Folie auf einer entfernten Wand. Erstaunlich, wie groß dir das Nachbild nun erscheint. Und umgekehrt: Betrachte eine farbige Folie aus einiger Entfernung und suche das Nachbild auf einem weißen Papier nahe vor deinen Augen. Jetzt scheint es ganz klein geworden zu sein.

Du kannst auch nach dem intensiven Betrachten einer Farbe die Augen schließen und sie zusätzlich mit den Händen abdunkeln. Wieder tauchen die lichteren Farben auf. Auch wenn du deinen Kopf

bewegst und in eine andere Ecke des Zimmers schaust, siehst du wieder die Nachbilder, sie wandern mit deinen Augen mit. Diese farbigen Nachbilder entstehen nur in deinem Kopf, keine Kamera der Welt kann sie fotografieren!

Gefärbte und farbige Schatten

Du brauchst: Farbfolien, weißes Papier, Lampen- oder Sonnenlicht oder zwei Teelichter, Erwachsene mit Streichhölzern, kleiner Gegenstand wie eine Streichholzschachtel oder ein Bauklötzchen

Jede farbige Folie ist dunkler als eine klare Folie und wirft daher einen Schatten in ihrer Farbe - einen gefärbten Schatten. Du kannst es im Sonnen- oder Lampenlicht ausprobieren. Oder du zündest in einem dunklen Raum ein Teelicht an. Das Teelicht stellst du vorsichtig auf ein größeres weißes Papier und baust eine rote oder grüne Folie davor auf (Abb. 2).

Abb. 2: Ein gefärbter Schatten hinter der Folie

Nun stellst du in den gefärbten Schatten einen undurchsichtigen Gegenstand, zum Beispiel eine Streichholzschachtel. Ein dunkler Schatten legt sich auf den weißen Untergrund (Abb. 3).

Abb. 3: Ein schwarzer „Schlagschatten“ im gefärbten Licht

Abb. 4: Farbiger und gefärbter Schatten

Zünde dann ein zweites Teelicht an und stelle es in die Nähe, so dass der erste Schatten aufgehellt wird (Abb. 4). In diesem Augenblick erscheint der ursprünglich schwarze Schatten in der Komplementärfarbe. Das ist ein „farbiger“ Schatten. Durch das zweite Licht ist zudem ein zweiter Schatten entstanden, der im gefärbten Lichtschein liegt und daher in der Farbe der Folie erscheint. Es ist ein gefärbter Schatten.

Wenn du das zweite Teelicht verschiebst, kannst du herausfinden, in welcher Anordnung die Erscheinung der beiden verschiedenfarbigen Schatten besonders gut zu beobachten ist. Mit den anderen Farbfolien kannst du dieses Experiment ebenso durchführen. Immer entdeckst du einen farbigen Schatten in der Komplementärfarbe ohne ein derart gefärbtes Licht zu haben. Bei welchen Farben kannst du diese Erscheinung am deutlichsten beobachten?

Wenn du auf diese Weise einmal auf farbige Schatten aufmerksam geworden bist, merkst du bald, dass man zum Aufhellen nicht unbedingt ein zweites Teelicht benötigt. Der Schatten im gefärbten Licht kann auch durch Tageslicht aufgehellt werden. Du regulierst die Helligkeit zum Beispiel mit dem Vorhang vor dem Fenster. Farbige Schatten kannst du bei rötlich untergehender Sonne auf Schnee entdecken und im aufgehellten Schatten einer farbigen Leuchtreklame, eben überall dort, wo Schatten im farbigen Licht aufgehellt werden.

Sobald du vor zwei Teelichten je eine Farbfolie stellst, hast du hinter einem schattenwerfenden Gegenstand zwei gefärbte Schatten. Ein schwarzer „Kernschatten“ entsteht dort, wo sich beide Schatten vereinen (Abb. 5).

Abb. 5: Zwei gefärbte Schatten und ein Kernschatten

Licht wird nicht nur durch farbige Folien gefärbt, jede farbige Fläche kann das. Halte einen farbigen Karton unter eine helle Lampe und leuchte damit wie mit einem Spiegel in einen nahen Schatten, in dem ein weißes Papier liegt. Das Weiß im Schatten nimmt dabei die Farbe des Kartons an. Wenn du jemanden auf diese Weise mit einem größeren roten Papier ins Gesicht leuchtest, bekommt er einen deutlich roten Kopf. Ähnliches kannst du auch im täglichen Leben beobachten. Wenn zum Beispiel die untergehende Sonne die Wolken noch anstrahlt und deren orangenes Licht die Landschaft einfärbt.

Farbfilter

Du brauchst: Farbfolien, dein Zimmer

Nun schaue dir nacheinander durch alle Farbfolien dein Zimmer an. Wie wirkt dein grünes Zimmer auf dich? Würde dir ein orangenes Zimmer gemütlicher erscheinen? Oder vielleicht ein ganz rot angemaltes Zimmer?

Beleuchtungstechniker beim Theater oder in Filmen verändern die Welt mit verschiedenen Farben. Je nachdem, welche Stimmung erzeugt werden soll, beleuchten sie die Bühne oder den Drehort mit anders farbigem Licht. Mit den Folien vor Augen kannst du sehen, wie sich die Stimmung durch Farben verändert. Dabei kannst du die Folienfarben vor deinen Augen mischen, in dem du zwei oder mehr Folien übereinander hältst.

Manchmal werden für einen Film auch Nachtaufnahmen bei Tag gedreht, welche Folien müsste der Kameramann vor seine Kamera klemmen? Legst du nun alle Folien übereinander, kannst du nur ganz helle Lampen oder die Sonne durch die Folien sehen. Mit diesem „Filter“ darfst du sogar in die Sonne schauen und große Sonnenflecken oder eine Sonnenfinsternis beobachten.

Subtraktives Farbmischen

Du brauchst: Farbfolien, Farbkartons, weißes Papier, die ausgeleerte Experimentierschachtel, starke Lampe oder Teelicht, Erwachsene mit Streichhölzern, Klebstreifen

Schau dir durch eine rote Farbfolie deine Umgebung an. Alle Farben von Vorhängen oder Möbeln schauen jetzt anders aus. Du siehst die Farbmischungen aus der Farbe der Folie und den ursprünglichen Farben der Möbel. Suche ohne Folie vor deinen Augen einen grünen Gegenstand im Zimmer. Nun schau ihn dir durch die rote Folie an. Welche Farbe hat er dann?

Lege die farbigen Kartons vor dich auf den Tisch. Schaue nacheinander durch deine Folien auf die farbigen Kartons. Dabei merkst du, wie sich die Farben der Kartons verändern.

Nun lege zwei Folien etwas verschoben übereinander auf ein weißes Papier. Noch besser: Hebe sie an und betrachte sie vor dem weißen Untergrund. Du siehst teilweise die ursprünglichen Farben, aber auch die dunklere Mischfarbe.

Drehe die ausgeleerte „LICHT und FARBEN“-Schachtel um und stecke zwei sich etwas überlappende Folien in die Schlitze der geschlossenen Schachtel oder der Folienhalter (Abb. 6). Wenn gerade die Sonne scheint, kannst du die Folien auch an ein besonntes Fenster mit einem Stück Klebstreifen heften.

Abb. 6: Subtraktive Farbmischung mit den Folien

Bei Tageslicht beleuchte die Folien mit einer starken Lampe, im Dunkeln kannst du auch die beiden Teelichter vor die Folien stellen. Auf weißem Untergrund erscheinen die beiden ursprünglichen Farben und dazwischen die Mischfarbe. Bei manchen Farbkombinationen überrascht das Mischungsergebnis. Aus verwandten Farben (z. B. Grün und Blau oder Violett und Rot) entstehen schöne, leuchtende Farben. Aus Komplementär-Farben aber entsteht Braun oder Grau. Bei allen Mischungen ist gleich, dass die gemischte Farbe dunkler ist als die Ausgangsfarben. Diese Art des Farbmischens nennt man „subtraktiv“, weil die Folien Licht wegnehmen. Die Farben im Malkasten mischen sich in gleicher Weise.

Versuche herauszufinden, mit welchen drei der Farbfolien du im Prinzip alle anderen Farben mischen kannst. Vielleicht denkst du dabei an einen Farbdrucker. Ein Farbdrucker braucht nämlich eigentlich auch nur drei Farben: Sie heißen Magenta (Purpurrot oder Pink), Yellow (Gelb) und Cyan (Türkisblau). Klebe diese drei Farbfolien mit etwas Klebestreifen an dein Fenster wie in Abb. 7 zu sehen. Nun kannst du die subtraktiv gemischten Farben erkennen. Die Überschneidung von Gelb und Purpurrot ergibt Rot, die Überschneidung von Gelb und Türkisblau ergibt Grün, die Überschneidung von Türkisblau und Purpurrot ergibt Tiefblau. Und wo sich alle drei Farben treffen?

Abb. 7: Subtraktives Farbmischen

Gedruckte Farben

Du brauchst: Lupe, Postkarten, bunte Bilder in Büchern oder Plakate

Wie entstehen gedruckte Farben? Schaue dir verschiedene Postkarten, bunte Bilder in Büchern oder Plakate aus nächster Nähe an und sieh dir die farbig gedruckten Flächen durch eine Lupe oder sogar ein Mikroskop an. Es gibt zwei Arten des Farbdruckens:

Einmal werden kleinste verschiedenfarbige Punkte nebeneinander gedruckt. Aus genügendem Abstand beziehungsweise ohne Vergrößerung nehmen wir nur die Farbe wahr, die sich aus der additiven Mischung der Farbpunkte ergibt (siehe nächstes Kapitel „Additives Farbmischen“).

Zum anderen werden nicht nur getrennte Punkte gedruckt, sondern die Farben überlagern sich auf dem Papier. So entsteht „vor Ort“ die subtraktive Mischung, das ist meistens der Fall.

Oft findest du aber auch beide Arten nebeneinander. Bei vielen Farbdrucken siehst du neben dem Schwarz zum Abdunkeln nur Zitronengelb, Purpur und Türkis. Die Drucker und Fototechniker nennen sie yellow, magenta und cyan und benutzen sie mit Schwarz zusammen als Grundfarben für den „Vierfarbendruck“, der für normale Farbdrucke (auch für dieses Heft) verwendet wird.

Additives Farbmischen

Du brauchst: Farbfolien, die ausgeleerte Schachtel, Spiegel und Spiegelhalter, Teelicht, Erwachsene mit Streichhölzern oder Sonnenschein und Klebstreifen

Farben lassen sich auch auf eine andere Art mischen. Dazu brauchst du zusätzlich zu der Versuchsanordnung in Abbildung 6 noch die Spiegel. Beim Zusammenspiegeln der farbigen Lichter entstehen neue Farben. Halte die beiden Spiegel an die Schattengrenze hinter der Schachtel und spiegle das farbige Licht in den Schattenraum. Durch ein Verdrehen der Spiegel gegeneinander

treffen sich die gespiegelten Lichter und mischen sich (Abb. 8). Durch verschieden starkes Neigen der Spiegel kannst du die Farbintensitäten und damit die Mischungsverhältnisse verändern. Bei dieser Versuchsanordnung kannst du unmittelbar die beiden Arten der Farbmischung vergleichen, der Unterschied ist erstaunlich. Spiegelst du rotes und grünes Licht ineinander, wird der Lichtfleck gelblich, bei violettblauem und grünem Licht türkisfarben und bei rotem und violettblauem Licht purpur.

Abb. 8: Additive und subtraktive Farbmischung

Bei hochstehender Sonne gibt es einen einfacheren Versuchsaufbau: Du legst die beiden Spiegel nebeneinander in die Sonne und suchst die Lichtflecken an der Zimmerdecke. Legst du nun auf jeden Spiegel eine Farbfolie, so sind die Lichtflecken farbig. Durch leichtes Kippen eines Spiegels mischst du die Farben an der Decke.

Falls du einen dritten Spiegel zur Hand hast, mischst Du die Lichtflecken der Farben Violettblau, Grün und Rot an deiner Zimmerdecke. Dies sind die drei Grundfarben der additiven Farbmischens, alle Bildschirme, Beamer und Beleuchtungstechniker verwenden sie.

Diese Art der Farbmischung nennt man „additiv“, weil Lichter zusammen kommen. Die entstehende Farbe ist stets heller als die einzelnen Lichter. Bei Komplementärfarben verschwindet die Farbigkeit fast ganz, das Licht wird weißlich. Durch Verändern der Lichtintensitäten kannst du viele Farbtöne mischen. Zur Bühnenbeleuchtung werden meist mehr Farben verwendet, in geschickter Kombination würden jedoch die drei Grundfarben genügen.

Farben auf dem Kreisel

Du brauchst: die bunten runden Farbkartons, runde Kreiselscheibe, angespitzte Kreiselachse, einen Erwachsenen mit Bohrmaschine

Suche dir aus deinem Experimentierkasten die runden geschlitzten Farbkartons, die runde Holzscheibe und die kleine angespitzte Holzachse heraus. Aus den beiden Holzteilen setzt du dir deinen Kreisel zusammen. Die Achse muss fest in der Holzscheibe stecken. Sollte sie locker sein, halte sie kurz ins Wasser, dabei quillt das Holz, und stecke sie dann in die Scheibe. Der Kreisel hält solange fest zusammen, bis das Holz wieder getrocknet ist.

Die kleinen und großen farbigen Kreiselscheiben sind so geschlitzt, dass sich jeweils eine große und eine kleine Scheibe ineinander schieben lassen. Achte darauf, dass die kleine Scheibe in der Mitte obenauf bleibt (Abb. 9). Du kannst jede Farbe mit jeder anderen kombinieren und dabei das Verhältnis der Farbanteile verändern. Es lassen sich auch mehr als zwei Scheiben ineinander stecken, wenn du es geschickt machst.

Abb. 9: Zusammenstecken und Verdrehen der Farbauflagen auf dem Kreisel

Bei sehr schneller Drehung des Kreisels erscheint das Mischungsergebnis: Außen und im Zentrum des Kreisels bleiben zum Vergleich die Originalfarben. Die Farben lassen sich unterschiedlich gut miteinander mischen, experimentiere mit allen Farben, auch der weißen und schwarzen Auflage, und jeweils verschiedenen Farbanteilen. Schnelle Drehung und schönere Mischfarben bekommst du, wenn du, eventuell mit Hilfe Erwachsener, den Kreisel in eine Bohrmaschine einspannst (Abb. 10).

Abb. 10: Mischfarben am Kreisel

Flimmerfarben

Du brauchst: die schwarz-weiß gemusterten Papierscheiben, Kreisel, verschiedene Lichtarten wie Lampen, Tages- oder Sonnenlicht

Wahrscheinlich hast du schon längst bemerkt, dass bei den langsamer werdenden Kreiseln außer der Farbmischung noch etwas geschieht.

Lege die schwarz-weiß gemusterten Papierscheiben nacheinander auf den Kreisel und lass ihn auf einer festen Unterlage drehen. Beobachte dabei die Muster auf dem rotierenden Kreisel. Die Muster verschwimmen und dafür erscheinen zarte Farben. Und das, obwohl nur Schwarz und Weiß im Spiel sind! Experimentiere mal im Sonnenlicht, dann unter einer Lampe, lass den Kreisel einmal schnell drehen und einmal langsam, einmal rechts herum und einmal links herum. Erstaunlicher Weise wechseln dadurch bei einem gleichen Muster die Farben. Schau dir die Farberscheinungen mal aus der Nähe und dann aus der Feme an. Auf der unbedruckten Rückseite dieser Kreiselauflagen kannst du eigene Muster zeichnen und ihre Wirkung beobachten. Die Farben, die du dabei siehst, entstehen in deinen Augen, auf einem Foto von dem Kreisel wären keine Farben zu sehen.

Am deutlichsten siehst du die Farben, wenn sich der Kreisel nur noch langsam dreht. Dann tauchen zwei Sorten von Farben auf:

Die einen flimmern und scheinen über dem Kreisel zu schweben. Die anderen Farben sind Farbringe auf dem Kreisel, sie ändern ihre Anordnung mit der Drehrichtung.

Prismen-Farben

Du brauchst: das Prisma, die schwarzen Kartons, weißes Papier

Das Prisma lässt Farben entstehen, wo vorher gar keine zu sehen sind. Aus der Entfernung sieht das Prisma aus wie ein dreieckiges Stück Glas. Je näher du es aber vor die Augen hältst, desto mehr Dinge kannst du in dem Prisma erkennen. Einerseits siehst du Ausschnitte deiner Umgebung darin gespiegelt, andererseits auch viele Farben. Drehe das Prisma dicht vor einem Auge hin und her und halte das andere Auge zu. Halte das Prisma mal senkrecht und mal waagrecht. Es ist zunächst schwierig genau zu sagen, welchen Teil deiner Umgebung du gerade durch das Prisma erkennst, alles erscheint verschoben, du schaust um die Ecke (Abb. 11).

Abb. 11: Änderung der Blickrichtung durch das Prisma

Halte nun das Prisma waagrecht vor ein Auge und versuche ein helles Fenster oder eine Lampe durch das Prisma zu finden.

Überall dort, wo Hell und Dunkel aufeinandertreffen, erscheinen Farbsäume. Je größer die Hell-Dunkel-Unterschiede sind, desto intensiver sind die Farben.

Um diese Farbsäume besser beobachten zu können, legst du einen schwarzen Karton aus dem Experimentierkasten auf eine weiße Unterlage und schaue ihn durch das Prisma an. Eine Kante des Kartons siehst du mit einem Saum in den Farben Gelb, Orange und Rot, die gegenüberliegende mit Türkis, Blau und Violett (Abb. 12). Die Farben gehen lückenlos ineinander über, die seitlichen Ränder bleiben farblos.

Abb. 12: Farbige Ränder beim Blick durch das Prisma

Drehe nun den Karton und beobachte die Änderungen der Farbsäume an allen Kanten. Zunächst werden die seitlichen Ränder auch farbig. Nach einer Drehung um 90° siehst du das gleiche Bild wie am Anfang. Die Kanten haben ihre Farbe bei der Drehung nicht mitnehmen können. Drehe nun das Prisma und beobachte bei der Drehung die Farben am Karton. Nach einer Drehung um 90° haben nur noch die seitlichen Ränder farbige Säume.

Lege jetzt beide schwarzen Kartons so auf den weißen Untergrund, dass du einen weißen Streifen in schwarzer Umgebung siehst. Beim Blick durch das Prisma siehst du nun die beiden Farbsäume nahe beieinander. Wenn du die Kartons langsam weiter zusammen schiebst, treffen Türkis und Gelb schließlich aufeinander und es entsteht ein intensives Grün (Abb. 13). Jetzt siehst du alle Regenbogenfarben. Man nennt diese Farbreihe das „Spektrum“. Rot, Grün und Violett sind stark vertreten, aber auch Orange, Gelb, Türkis und Blau sind zu sehen.

Abb. 13: Die Regenbogenfarben beim Blick durch das Prisma

Du kannst das Grün ebenso bei einem breiteren Streifen bekommen, wenn du mit deinem Prisma weit genug weggehst. Schau dir auch einmal eine Kerzenflamme oder eine Glühlampe vor einem dunklen Hintergrund aus genügender Entfernung an. Was siehst du bei Leuchtstoff-Röhrenlampen, Energiesparlampen oder LEDs?

Regenbogenlicht

Du brauchst: Prisma, Holzständer für das Prisma und Sonnenlicht, Farbkartons und Farbfolien, weißes Papier

Steht das Prisma geschickt im Sonnenlicht, so können mehrere Menschen gleichzeitig das Regenbogenspektrum ansehen. Dazu stellst du das Prisma in den V-Schlitz des Prismenhalters auf eine sonnenbeschienene Fensterbank. Die Sonne scheint auf eine Längsseite des Prismas. Je nachdem, wie hoch die Sonne steht, findest du dann an Decke, Wand oder Boden des Raumes ein Stückchen Regenbogen. Das Sonnenlicht wird wie der Blick in Abbildung 11 durch das Prisma abgelenkt. Am oberen und unteren Rand des Prismas entstehen die Farben wie an dem weißen Streifen. Dies kannst du an einem Blatt Papier in verschiedenen Abständen zwischen dem Prisma und der Wand verfolgen: In kurzem Abstand hinter dem Prisma erkennst du die farbigen Ränder oben und unten (Abb. 14). Dazwischen ist eine weiße Fläche. Bei größerem Abstand werden die Farbränder breiter und der weiße Streifen dazwischen schmäler. Bei noch weiterem Abstand treffen Türkis und Gelb aufeinander und es entsteht in der Mitte Grün - das Regenbogen-Spektrum ist fertig (Abb. 15). Der Regenbogen leuchtet am schönsten in einem dunklen Raum auf weißer Wand. Dafür kannst du das Fenster mit einem Pappkarton verdunkeln und nur für das Prisma eine kleine Lücke herausschneiden. Die Farben wandern entgegengesetzt zur Sonne durch das Zimmer. Schau dir dieses Stück Regenbogen auch auf den verschiedenfarbigen Kartons an und halte die Farbfolien

direkt vor oder hinter das Prisma.

Abb. 14: Kurz hinter dem Prisma entstehen farbige Ränder

Abb. 15: Weiter entfernt findest du hinter dem Prisma ein Stück Regenbogen

Schau nochmal durch das Prisma: Statt einem weißen Streifen verwendest du einen schwarzen. Dazu legst du zwei weiße Papiere in engem Abstand über einen schwarzen Karton. Das Grün entsteht nun nicht mehr. Wenn du den schwarzen Streifen immer schmäler werden lässt, begegnen sich Violett und Rot. Nun entsteht ein wunderschönes helles Purpur (Abb. 16).

Betrachte durch das Prisma auch mit den bunten Kartons gelegte Streifen. Sie verändern das Spektrum. Zum Beispiel intensiviert ein gelber Streifen zwischen schwarzen Kartons das Gelb im Spektrum, während bei andersfarbigen Streifen Gelb gar nicht mehr vorkommt.

Abb. 16: Der „umgekehrte“ Regenbogen mit Purpur beim Blick durch das Prisma

Der doppelte Regenbogen

Du brauchst: Prisma mit Ständer, schwarzer Karton, Schere, etwas Wasser, Sonnenlicht, weißes Papier

Beim nächsten Experiment kannst du einen doppelten Regenbogen mit Purpur in der Mitte erscheinen lassen. Du schneidest einen 8 Millimeter breiten Streifen von einem dunklen Papier oder Karton ab und klebst ihn auf eine Seite des Prismas (Abb. 17). Es reicht aus, wenn du den Streifen feucht machst, so dass er am Prisma haften bleibt. Nun stellst du das Prisma wieder in die Sonne und gehst mit einem weißen Papier vom Prisma langsam weg, immer mit dem Lichtschein des Prismas auf dem Papier. Anfangs siehst du das Prisma in zwei kleine Prismen aufgeteilt. Je weiter du dich vom Prisma entfernst, desto klarer werden die Farben. In etwa ein Meter Entfernung wachsen die beiden Regenbögen zusammen, in der Überlagerung von Rot und Violett entsteht das Purpur (Abb. 17).

Abb. 17: Der doppelte Regenbogen und das Purpur hinter dem Prisma

Dein persönlicher Regenbogen

Du brauchst: Sonnenlicht im Rücken und einen Gartenschlauch

Mit der Sonne im Rücken kannst du oft einen kleinen Regenbogen im Spritzwasser eines Wasserfalls oder einer Fontäne finden oder wenn du Wasser mit einem Gartenschlauch verspritzt. Dabei ersetzen die vielen kleinen Wassertropfen in der Luft das Prisma. Ebenso ist es beim echten großen Regenbogen. Auch ihn siehst du nur, wenn die tiefstehende Sonne in einen Regenschauer hineinleuchtet. Dabei erscheint oft nicht nur ein Bogen, sondern, wenn du genau hinsiehst, noch ein zweiter schwächerer Bogen über dem eigentlichen, dessen Farben umgekehrt sind. Seltener findest du noch angedeutete kleinere Bögen im Inneren, die vor allem rötliche Farben haben. Regenbogenfarben glitzern auch in Tautropfen oder an Rauhreif, dabei wirkt jeder Tropfen oder Eiskristall wie ein Prisma.

Abb. 18: Für den Regenbogen musst du dich mit dem Rücken zur Sonne stellen und einen ganz feinen Wassersprühstrahl einstellen.

Die Farben dieser Spektren findest du auch in Seifenblasen wieder. Bei Sonnenschein schillern die Blasen vor allem in den mittleren Farben der Spektren, in Grün und in Purpur, aber auch in Gelb und Stahlblau.

Schöne Himmelsfarben kannst du bei Sonnenschein durch ganz dünne Wolkenschleier beobachten, dann entstehen die „Halos“, helle und farbige Ringe um die Sonne. Oder wenn dein eigener Schatten auf eine Nebelwand fällt und dein Schatten eine „Glorie“, eine Art Heiligenschein, bekommt. Mehr über die Farben, die uns der Himmel und das Wetter schenken, findest du im Experimentierkasten WIND UND WETTER.

Farben durch optische Gitter

Du brauchst: das kleine Seidentuch, Regenbogengucker, Lampen oder Teelicht, einen Erwachsenen mit Streichhölzern

Das Seidentuch und der Regenbogengucker sind optische Gitter.

Schau zuerst durch das Seidentuch mit größerem Abstand in ein möglichst konzentriertes Licht, zum Beispiel eine Kerzenflamme im Dunkeln. Rings um dieses Licht erscheinen Regenbogenfarben. Das machen die feinen kreuzförmig zusammengewebten Seidenfäden. Dies Phänomen erscheint umso

schöner, je weiter du mit dem Seidentuch von dem Licht entfernt bist. Vielleicht hast du Ähnliches schon beobachtet, wenn du durch einen Regenschirm hindurch Straßenlaternen angeschaut hast. Auch wenn du durch den Regenbogengucker in ein möglichst konzentriertes, aber nicht zu helles Licht schaust (nie in die Sonne!!!), entdeckst du wieder Regenbogenfarben. Sie sind viel farbiger als beim Seidentuch. Auf dem durchsichtigen Fenster sind hauchdünne, kreuzförmige Linien gezogen. Mit diesem „optischen Gitter“ entstehen die bunten Farben. Kannst du auch malen, was du durch den Regenbogengucker um eine Kerzenflamme herum siehst?

Drehe den Regenbogengucker doch einmal langsam beim Durchgucken, nun beginnen sich die Farbpunkte zu drehen. Suche mit dem Regenbogengucker die schwächeren Farbränder an Dingen, in denen sich das Licht etwas spiegelt. Beim Drehen bewegen sich die zarten Farben schließlich sogar ineinander.

Ähnlich wie bei diesen optischen Gittern entstehen die Farben bei CDs an den feinen eingeprägten Linien.

Polarisationsfilter

Du brauchst: die zwei kleinen quadratischen schwarzen Plastikscheiben, etwas Plastikfolie und Klebstreifen

Die beiden quadratischen Stücke aus grauem Kunststoff sind „Polarisationsfilter“. Sie sind beidseitig mit Folie geschützt, die du abziehen musst. Wird die Folien aber nicht gleich weg, du brauchst sie noch. Wenn du durch einen Filter siehst, erscheint die Umgebung etwas dunkler, sonst geschieht nichts. Ebenso verhält sich der andere. Wenn du aber durch beide Filter gleichzeitig siehst, tritt eine eigentümliche Erscheinung auf: Je nachdem, wie du die Filter gegeneinander hältst, siehst du die Umgebung wie vorher, oder aber die Filter sind undurchsichtig schwarz geworden. Es kommt dabei auf die gegenseitige Lage der beiden Filter an (Abb. 19). Du kannst dir die Filter wie einen ganz feinen Kamm vorstellen. Liegen beide parallel, kannst du durch sie hindurchsehen. Sind sie „gekreuzt“, lassen sie kein Licht mehr hindurch und werden undurchsichtig.

Abb. 19: Polarisationsfilter parallel und gekreuzt

Jetzt nimm dir eine der abgezogenen Schutzfolien und dehne sie von Ecke zu Ecke in die Länge. Dann halte sie zwischen die beiden Polarisationsfilter. Plötzlich erscheinen Farben, die sich beim Drehen der Filter verändern. Zellophan, Plexiglas und viele Plastikfolien haben diese Eigenschaft. Die schönsten Farben dieser Art entstehen bei gefaltetem, mehrfach liegendem Folien-Material oder bei geknöpften und gepressten Folien. Oder klebe mehrere Klebstreifen kreuz und quer über einen Filter. Lege den zweiten darauf und verdrehe sie gegeneinander (Abb. 20). Schau dabei nicht nur gerade durch die Filter, sondern auch schräg. Dadurch verändern sich die Farben. Dieser Effekt wird auch bei Materialprüfungen genutzt. Du kannst das selbst versuchen: Prüfe durchsichtige Gegenstände wie Lineale oder Schlüsselanhänger. Biege und dehne die Materialien, während sie zwischen den Filtern liegen. Bei Werkzeugen findet man so zum Beispiel eventuelle Schwachstellen, an denen sie zuerst brechen würden.

Abb. 20: Farben an Folien zwischen den Polarisationsfiltern

Mit einem Polarisationsfilter kannst du andere Polarisationsfilter finden. Stelle dich vor ein Auto und schaue es durch einen Filter an. Beim Drehen des Filters verdunkeln sich die Windschutzscheiben oder du kannst plötzlich durch spiegelnde Scheiben durchsehen. Auch manche Sonnenbrillen sind polarisiert, jetzt kannst du sie von den nicht polarisierten unterscheiden.

Schau durch einen Filter schräg auf eine ruhige Wasseroberfläche, eine Pfütze genügt schon. Beim Drehen des Filters erscheint das Wasser heller oder dunkler. Du musst es ausprobieren, bei welchem Abstand vom Wasser du die Helligkeitsveränderung am besten wahrnimmst. Wenn du einen Regenbogen siehst, schaue auch ihn durch einen Filter an.

Hältst du einen Polarisationsfilter gegen den blauen Himmel und drehst ihn, kannst du beobachten, wie das Himmelsblau dunkler und wieder heller wird. An verschiedenen Stellen des Himmels ist das unterschiedlich stark zu sehen. Am dunkelsten wird es im rechten Winkel zur Sonne. Die Wolken sind dann besser zu sehen, sie verändern ihre Helligkeit nicht. Manche Farben werden durch einen Filter intensiver, der Dunst in der Landschaft verschwindet zum Teil. Diese Phänomene kann man beim Fotografieren ausnutzen.

Experimente mit einem Beamer

Du brauchst: Beamer, dunkler Raum, Farbfolien, eventuell ein Diarahmen, Spiegel, Prisma, Regenbogengucker, Karton zum Zerschneiden, Schere, Locher

Einige der bisher beschriebenen Versuche kannst du mit einem Beamer (falls deine Eltern einen besitzen) besser ausführen, da das Licht stärker ist und die Farbwirkungen daher intensiver sind. Zudem kannst du damit eine kleine Farbvorführung einstudieren, die du deiner Familie oder Freunden

zeigst.

Für die **Nachbilder** richte den Beamer in einem abgedunkelten Raum auf eine weiße Wand und halte die Folien einzeln vor das Objektiv. Sieh in die Farbe wie gewohnt und nimm nach einiger Zeit die Folie weg. Die sehr helle Fläche siehst du nun zart farbig. Überraschend ist die Wirkung, wenn du den Beamer einfach ausschaltest und im Dunkeln das Nachbild suchst, oder wenn du in einem helleren oder dunkleren Zimmer experimentierst.

Schalte im Dunkeln den Beamer ein und halte kurz vor das Objektiv deine farbigen Kartons. Sie färben das ganze Zimmer erstaunlich stark in ihrer Farbe.

Farbmischungen kannst du sehr schön erleben, wenn du jeweils ein Stückchen von den Folien abschneidest und immer zwei sich etwas überlappend in einen Diarahmen klemmst. Wenn du dieses „Dia“ im Dunkeln auf eine weiße Wand projizierst, siehst du die beiden Ausgangsfarben und die substraktive Mischfarbe. Für die additive Mischfarbe nimmst du nun beide Spiegel und stellst dich in das Licht. Du hältst die Spiegel in die ursprünglichen Farben und spiegelst sie übereinander an die Decke.

Für **farbige Schatten** stellst du eine Folie direkt vor das Objektiv am Beamer, so dass nur farbiges Licht im Raum erscheint. Du kannst dir natürlich auch mit einem Stück ausgeschnittener Folie in einem Diarahmen ein farbiges Dia machen. In den gefärbten Lichtstrahl im dunklen Zimmer stellst du einen Gegenstand. Der Schatten ist schwarz. Nun schaltest du die übliche Zimmerbeleuchtung an, schon erscheint der Schatten in der Komplementärfarbe. Noch besser ist es, wenn du eine Stehlampe oder Taschenlampe hast. Durch Veränderung des Abstandes kannst du dann die günstigste Beleuchtung ausprobieren.

Halte für **Regenbogenfarben** dein Prisma in das Licht des Beamers. Wenn du es geschickt machst, siehst du an der Decke ein Stück Regenbogen. Besser gelingt dir dieser Versuch, wenn du einen Diarahmen nimmst und seine Öffnung bis auf einen ein Millimeter breiten Schlitz mit Papier zudeckst (Abb. 21). Diesen Schlitz stellst du in waagerechter Lage wie ein Dia scharf ein und hältst direkt vor den Projektor das Prisma in den dünnen Lichtstrahl. Du drehst das Prisma solange, bis an der Decke der herrlich leuchtende Regenbogen erscheint.

Abb. 21: Dia mit 1 mm Schlitz

Auch den umgekehrten Regenbogen mit dem Purpur in der Mitte kannst du mit dem Beamer vorführen. Dazu klemmst du ein Stück Nähfaden oder noch besser ein 2 Millimeter dicken Papierstreifen in einen Diarahmen. Jetzt tauchen die Farben mit dem Purpur auf und an den Rändern des Rahmens siehst du außerdem die Farbsäume, mit denen das Kapitel über das Prisma begonnen hat. Versuche es auch einmal mit dickeren Fäden oder dem Streifen auf dem Prisma.

Schneide dir Kartons in der Größe eines Diarahmens zu. In diese Kartons mach in der Mitte jeweils ein Loch, von Nadelgröße bis zum Locher. Setze diese Dias nacheinander in den Projektor, stelle sie scharf und halte den Regenbogengucker davor. Es lohnt sich hinzusehen.

Die beiden Polarisationsfilter sind so geschnitten, dass sie als Dia in den Projektor passen. Wenn du eine Folie hast, die schöne Farben macht, kannst du sie zwischen die Filter einklemmen und groß an der Wand betrachten.

Rote Sonne und blauer Himmel

Du brauchst: durchsichtige Schüssel oder Glas mit Wasser, schwarzer Untergrund (zum Beispiel ein Tuch), weiße Wand, Seife, Beamer oder starke Taschenlampe

Du kannst im Zimmer nachvollziehen, was die Lufthülle unserer Erde mit dem Sonnenlicht macht. Fülle Wasser in eine durchsichtige Schüssel oder ein besonders großes „Gewürzgurken-Glas“ oder ein leeres Aquarium. Stelle das Ganze auf einen schwarzen Untergrund vor eine weiße Wand (Abb. 22). Die Luft ist, auf lange Strecken gesehen, nicht so klar, wie du vielleicht meinst. Sie ist ein wenig trüb durch Wassertröpfchen, Staub und Abgase. Um eine ähnliche Trübung im Wasser herzustellen, löst du etwas Seife darin auf. Spiegelst du jetzt Sonnenlicht durch das getrübte Wasser oder leuchtest mit einem Beamer oder einer Taschenlampe durch, so färbt sich das direkte Licht gelb, orange oder rot wie die tiefstehende Sonne und das Wasser leuchtet bläulich vor dem schwarzen Untergrund, ebenso wie der blaue Himmel vor dem dunkeln Weltall. Du kannst allmählich mehr Seife dazugeben und ständig beobachten, wie sich das Licht verhält. Halte auch die verschiedenen Farbfolien, insbesondere die purpurne, in das Licht vor der Schüssel. Das gleiche Phänomen lässt dunkle Berge aus der Ferne blau erscheinen.

Die Orange- oder Rottfärbung einer hellen Lampe kannst du auch mit einigen Lagen Schreib- oder Transparentpapier erreichen.

Abb. 22: Versuchsaufbau „Rote Sonne, blauer Himmel“

Welche Farbe hat das Wasser?

Du brauchst: Spiegel

Ist dir schon einmal aufgefallen, in wie vielen verschiedenen Farben du Wasser sehen kannst? Glasklares Wasser, braunes Moorwasser, smaragdgrüne Gebirgsseen, tiefblaues Meer, türkisfarbene Brandung, weiße Gischt, lehmbraune Flüsse und viele andere Variationen. Meistens siehst du eine Mischung aus den Farben von dem Wasser selbst, dem Untergrund und dem gespiegelten Licht aus der Umgebung und dem Himmel mit Sonne und Wolken.

Abb. 23: Verschieden farbige Seen

Die Farbe des Wassers selbst kannst du mit einem der kleinen Spiegel herausbekommen. Du hältst einen Spiegel in das Wasser, drehst ihn so, dass du waagerecht durch das Wasser schaust und weder den Himmel noch den Untergrund siehst (Abb. 24). Die Pfeile auf der Abbildung zeigen dir deine Blickrichtung. Das Ergebnis ist immer wieder erstaunlich, du erkennst die reine Farbe des Wassers. Du brauchst dafür natürlich eine gewisse Wassermenge, das Meer, einen Fluß, einen See oder einen Teich.

Beachte bei diesem Versuch auch den Horizont im Spiegel. Er hat einen rot-orange-gelben Rand, denn das Wasser wirkt als Prisma.

Abb. 24: Versuch: Welche Farbe hat das Wasser?

Farbkreise

Du brauchst: Farbfolien und Farbkartons

Bei den Experimenten mit dem Prisma hast du Farbsäume an den schwarz-weißen Übergängen gesehen. Sie haben die Farben Rot, Orange und Gelb sowie Türkis, Blau und Violett. Durch Verengung der Streifen kamen die Farben Grün und Purpur dazu. Im Experimentierkasten findest du die Folien und Kartons in diesen acht Farben. Ordnest du sie wie in den Regenbogen-Spektren im Kreis an, so liegen die Komplementärfarben gegenüber. Du hast einen achtteiligen Farbkreis (Abb. 25).

Abb. 25: Der achtteilige Farbkreis

Beim Farbmischen hast du die subtraktive Art vom Malkasten oder den übereinandergelegten Folien mit den Farben Zitronengelb, Purpur und Türkis kennengelernt. Die Mischungen aus diesen Farben ergeben Rot, Violettblau und Grün. Dies sind wiederum die Grundfarben der additiven Farbmischung und die vorherrschenden Farben im Regenbogen und im Prismenspektrum. Mischst du diese Farben in additiver Art, erhältst du wieder die Grundfarben Zitronengelb, Purpur und Türkis. In der Technik wird daher dieser sechsteilige Farbkreis verwendet (Abb. 26). Die subtraktiven Farben benutzen Drucker und Fototechniker, die additiven Grundfarben „Beleuchter“ sowie Fernseh- und Videotechniker.

Abb. 26: Der sechsteilige Farbkreis

Einige bedeutende Menschen haben sich sehr intensiv mit Farben beschäftigt und Farbkreise und räumliche Farbdarstellungen entworfen. So gibt es einen Goethe-Farbkreis und einen Farbkreis nach Philipp Otto Runge sowie andere. Versuche es doch auch einmal: Male einen Kreis, in dem jede Farbe stufenlos in die nächste übergeht. Zudem kann die Farbintensität von innen nach außen zu- oder abnehmen.

Schlusswort

Du findest immer wieder neue Farberscheinungen, die hier nicht angesprochen wurden. Kennst du den Perlmuttschimmer in manchen Muscheln oder Schneckenhäusern, die schillernden Farben einiger Vogelfedern, Schmetterlingsflügel oder einer dünnen Ölschicht auf einer Pfütze? Sie treten überall dort auf, wo ganz dünne durchsichtige Schichten sind, zum Beispiel auch bei Seifenblasen.

Die Nachbilder, farbigen Schatten und die Farbmuster bei den schwarz-weißen Kreiselscheiben sind in dir selbst entstanden. Deine eigene Fähigkeit zu sehen gibt dir die sonderbarsten Farbrätsel auf. Bei starken Farbeindrücken entstehen in dir die Komplementärfarben.

Durch die vielen Beobachtungen und Experimente rund um Licht und Farben siehst du die Welt um dich herum nun bestimmt aufmerksamer und entdeckst Farben, die andere einfach übersehen.