

C4 Sehsinn

Teilexperiment C4.1 Wahrnehmung von Farben

Teilexperiment C4.2 Unser Gesichtsfeld

Teilexperiment C4.3 Zum Sehen braucht man Licht

Teilexperiment C4.4 Woher kommen die Farben des Regenbogens?

1 Zentrale Fragestellung

Nachfolgend werden die handlungsleitenden Fragestellungen formuliert, die den Teilexperimenten zu Grunde liegen:

- Welche Informationen transportieren verschiedene Farben?
- Welche Emotionen und Eigenschaften verknüpft man mit den unterschiedlichen Farben?
- Wie verändert sich die Wahrnehmung beim Blick durch eine Farbfolie?
- Wie groß ist das eigene Gesichtsfeld?
- Unterscheiden sich die Gesichtsfelder von linkem und rechtem Auge?
- Welchen Vorteil besitzt das binokulare Gesichtsfeld?
- In welchem Bereich des Gesichtsfeldes können wir Farben sehen?
- Was sehen wir in der Dunkelheit?
- Wie nehmen wir Farben in der Dunkelheit wahr?
- Wie kann man die Augen an die Dunkelheit gewöhnen?
- Was ist „sichtbares Licht“?
- Woher kommen die Farben des Regenbogens?

2 Hintergrund

2.1 Lehrplanrelevanz

Durch das Erforschen natürlicher Phänomene am eigenen Körper wird das Interesse von Kindern an naturwissenschaftlichem Denken besonders geweckt. Wenn Kinder die Grenzen des eigenen Sehfeldes erforschen, können Querverbindungen zu technischen Messinstrumenten hergestellt werden. Sprechen Sie zum Beispiel über den Sehtest. Besonders Kinder, die eine Sehhilfe benötigen, können sicher ein wenig helfen, da diese bereits mit medizinischen Untersuchungsgeräten vertraut sind.

Die Schülerinnen und Schüler lernen natürliche Phänomene und Prozesse kennen, indem sie zum Beispiel durch Farbfolien die veränderte Wahrnehmung von Farben beobachten. Die Beschäftigung mit dem eigenen Körper und der eigenen Wahrnehmung trägt außerdem zur Persönlichkeitsentwicklung der Schülerinnen und Schüler bei.

Themen bzw. Begriffe

Elektromagnetische Strahlung, Farben, Farbwahrnehmung, Gesichtsfeld, Licht, Lichtfarben, Regenbogen, Rot-Grün-Schwäche, Sehfehler, Sehschwäche, Sehsinn, sichtbares Licht, Spektralfarben, Wahrnehmung

2.2 Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- werden mit dem Thema Sehen und dem damit verbundenen menschlichen Sehsinn vertraut.
- erkennen individuelle Unterschiede beim Wahrnehmen von Farben und bei der Größe des Gesichtsfeldes.
- erkennen, welche Bedeutung dem Licht beim menschlichen Farbsehen zu Teil wird.
- sind in der Lage, Vergleiche zur Tierwelt herzustellen.
- bekommen einen ersten Einblick in das Thema Spektralfarben des sichtbaren Lichts.

3 Ergänzende Informationen zum Experiment

Zur Vorbereitung bzw. zur Vertiefung dieses Experiments finden Sie ergänzende Medien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung: <https://medienportal.siemens-stiftung.org>

4 Durchführung

Hinweise:

- Die aufgelisteten Materialien sind ausgelegt für das Experimentieren **einer** Gruppe von maximal **fünf** Schülerinnen und Schüler.
- Empfehlenswert ist es, alle Teilexperimente und Zusatzexperimente parallel aufzubauen und die Gruppen der Schülerinnen und Schüler dann von Station zu Station wandern zu lassen. So können alle in einem Raum nebeneinander alle Experimente durchführen. Die Abfolge der einzelnen Stationen kann individuell erfolgen, es muss keine spezielle Reihenfolge eingehalten werden. Für das Teilexperiment „Zum Sehen braucht man Licht“ genügt es somit auch, einen einzelnen Tisch mit Decke vorzubereiten. Wenn Sie eine zusätzliche Station einbauen wollen, beispielsweise zur Binnendifferenzierung für die „Schnellen“, so bietet sich das Thema „Optische Täuschungen“ an.

4.1 Teilexperiment C4.1 Wahrnehmung von Farben

4.1.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
farbige Bilder von verschiedenen Gegenständen und Symbolen (siehe Handbuchordner: 5 Lamine, DIN A4, beidseitig bedruckt)	10
Klarsichtfolie (blau, gelb, grün, rot)	1
Klebefilm	1
Schablone für Brille (siehe Seite 8)	1
Schere	1
Tonpapier, schwarz	1

4.1.2 Organisatorisches

Räumlichkeiten	im Unterrichtsraum oder im Freien
Zeitbedarf	ca. 45 Minuten
Durchführungsvarianten	als Station beim Stationenlernen, siehe Hinweise bei Kapitel 4. Die Brille kann auch direkt aus der Folie ausgeschnitten und dann mit einem Gummiband fixiert werden. Gegebenenfalls muss man die Folie an den scharfen Schnittkanten mit transparentem Klebefilm umkleben, um Schnittwunden zu vermeiden.
Sicherheitshinweise	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Gesundheit“
Aufräumen	Die fertigen Farbfolienbrillen können von der nachfolgenden Gruppe übernommen werden. Je nach Materialverbrauch können die selbstgebastelten Brillen mit nach Hause genommen werden.

4.1.3 Das Teilexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler basteln sich Brillen mit verschiedenfarbigen Folien und verändern so ihre Farbwahrnehmung. Sie betrachten Bilder und unterschiedliche Dinge ihrer Umwelt und beobachten, wie sich deren Farben beim Blick durch die Brillen wandeln.

Fachlicher Hintergrund

Sichtbares Licht ist elektromagnetische Strahlung in einem Wellenlängenbereich von 380 bis 780 Nanometern (nm) und stellt den einzigen für den Sehsinn erfassbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums dar. Unterhalb dieses Wellenlängenbereichs befinden sich die ultraviolette Strahlung, Röntgen- und Gamma-Strahlung und oberhalb die Infrarot-Strahlung, Mikrowellen und Radiowellen. Vereinfacht kann man sagen, dass Licht einer bestimmten Wellenlänge eine bestimmte Energie hat und diese Wellenlänge bzw. Energie einer bestimmten Farbe entspricht. Je kleiner die Wellenlänge ist, also je kurzwelliger die Strahlung ist, desto energiereicher ist sie.

Die Sinneszellen in unserem Auge reagieren spezifisch auf die Energie und unser Gehirn ordnet jeder Energie bzw. Wellenlänge eine bestimmte Farb-Wahrnehmung zu. Wenn also zum Beispiel unsere Sehzellen vor allem von Licht der Wellenlänge 450 nm angeregt werden, sehen wir die Farbe Blau, werden sie z. B. von Licht der Wellenlänge 590 nm angeregt, sehen wir Gelb usw. (Die Sinneszellen in unserem Auge, die für das Farbsehen zuständig sind, sind die sogenannten Zapfen, siehe hierzu Teilexperiment 2 und 3.)

Wie kommt es zum Farbeindruck, wenn wir die Farbe bestimmter Körper sehen?

Alle Stoffe haben die Eigenschaft, Licht bestimmter Wellenlängen unverändert zurück zu werfen (zu reflektieren) und Licht bestimmter Wellenlänge zu verschlucken (zu absorbieren). Weißes Licht, wie es zum Beispiel von der Sonne kommt, enthält Licht aller Farben in allen Zwischenstufen von Rot über Grün nach Blau. Wenn z. B. ein weißes Blatt Papier mit weißem Licht beleuchtet wird, reflektiert es das Licht aller Wellenlängen, also alle Farben. Der Körper erscheint uns dann weiß. Wird dagegen ein schwarzer Körper mit weißem Licht beleuchtet, wird alles Licht absorbiert, der Körper erscheint uns schwarz. Wird aber ein weißes Blatt Papier mit rotem Licht beleuchtet, erscheint es uns rot, da das rote Licht reflektiert wird.

Wie sehen wir die Farbe von Körpern, die selbst eine Farbe haben?

Fällt z. B. weißes Sonnenlicht auf ein Pflanzenblatt, das vor allem grünen Blattfarbstoff (Chlorophyll) enthält, dann absorbiert dieser Farbstoff den roten und blauen Anteil des sichtbaren Lichts, der grüne Anteil wird jedoch reflektiert. Wir sehen das Blatt also grün. Würden wir dagegen das eigentlich grüne Blatt mit rotem Licht beleuchten, würde nichts reflektiert und wir sehen das Blatt grau bzw. schwarz.

Benutzen wir eine Sonnenbrille mit einem Farbfilter, werden die Farbanteile „verschluckt“, die nicht der Färbung des Brillenglases entsprechen, was zu einer Änderung der Farbwahrnehmung führt. Mit einer bräunlich-gelben oder rötlichen Sonnenbrille z. B. erscheint uns das Wetter schöner als es wirklich ist, da es die Farben unserer Umgebung annähernd so zeigt, wie es einer Beleuchtung mit direktem Sonnenlicht entsprechen würde. (Daher verwendet man auch im übertragenen Sinne oft den Spruch „Er sieht alles mit einer rosaroten Brille“. Was meint, er sieht die Dinge schöner, als sie wirklich sind.)

Im Laufe der Evolution haben sich die verschiedenen Farbsehsysteme bei den Lebewesen etabliert. Gründe hierfür können unterschiedliche Selektionsvorteile sein: Reife Früchte können von unreifen, nährstoffreiche Blätter von nährstoffarmen Blättern oder paarungswillige von paarungsunwilligen Fortpflanzungspartnern unterschieden werden.

Übrigens, die Festsetzung, welcher Wellenlänge des Lichts welche Farben entsprechen, ist nach der menschlichen Farbwahrnehmung normiert. Andere Lebewesen können wie gesagt ebenso Licht verschiedener Wellenlänge wahrnehmen und unterscheiden, ihr „Farbenraum“ ist ein ganz anderer als beim Menschen.

Dass wir Farben und Farbkombinationen mit bestimmten Emotionen oder Informationen verknüpfen, ist zum Großteil erlernt: Schwarz/Gelb bei giftigen Tieren, Rosa bzw. Hellblau für Babys.

4.1.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Jedes Kind hat schon einmal erlebt, wie sich beim Blick durch eine Sonnenbrille die Farben der Umgebung ändern. Die Welt wirkt geradezu wie in ein anderes Licht getaucht. Auch verdunkelte Scheiben in Autos oder Gebäuden verändern die Farben der Dinge, die durch sie hindurch betrachtet werden. Sie können die Schülerinnen und Schüler auch fragen, welche Farben sie besonders gerne mögen und welche gar nicht. Oder sie fragen, welche Wandfarbe sie gerne für ihr Zimmer hätten und warum. So erkennen die Schülerinnen und Schüler schnell, dass man Farben mit bestimmten Emotionen verbindet.

4.1.5 Der Forschungskreis

Wichtige Aspekte und Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten des Forschungskreises im Experiment für Schülerinnen und Schüler:

Problem/Phänomen erkennen 	In diesem Experiment erkennen die Schülerinnen und Schüler die Bedeutung von Farben für ihre Wahrnehmung.
Die Forschungsfrage 	Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche unterschiedlichen Bedeutungen können Farben haben? ▪ Wie hat sich deine Wahrnehmung durch Farbfolienbrillen geändert?
Ideen und Vermutungen sammeln 	Mögliche Vermutungen könnten sein: Zur Forschungsfrage: <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Rot bedeutet Gefahr.“ ▪ „Rot bedeutet Liebe.“ ▪ „Die Farben können mal dieses, mal jenes bedeuten.“ Zum Experiment: <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Wenn ich durch die blaue Brille sehe, sieht alles ganz kalt aus.“ ▪ „Wenn ich durch die gelbe Brille sehe, wirkt alles freundlich.“ Leiten Sie von den Vermutungen auf das Experiment über.
Experimentieren 	Aufbau des Experiments: Die Brillen werden mithilfe der Bastelvorlage aus Tonpapier, farbigen Klarsichtfolien und Klebefilm gebastelt (oder gegebenenfalls direkt aus der Folie, siehe Punkt 4.1.2 „Durchführungsvarianten“). Durchführung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Schülerinnen und Schüler betrachten Bilder mit bekannten Gegenständen und Symbolen zunächst ohne Farbfolienbrillen und machen sich Notizen zur jeweiligen Farbgebung. ▪ Im Anschluss machen sie sich Gedanken über die veränderte Wahrnehmung, wenn sie dieselben Bilder durch die selbst angefertigten Farbfolienbrillen betrachten. ▪ Die Frage nach der Lieblingsbrille sensibilisiert für die individuellen Wahrnehmungen und Vorlieben. ▪ Regen Sie die Kinder an, sich darüber auszutauschen, was sie beim Blick durch die Folie wahrnehmen und ob sich Details oder die gesamte Umgebung dabei verändert. So kann man Helligkeitsunterschiede auch mit der Brille erkennen.

Beobachten und dokumentieren 	<p>Wichtigste Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ohne Farbfolienbrille: <table border="1" data-bbox="512 316 1426 804"> <thead> <tr> <th>Abgebildeter Gegenstand</th><th>Farbe</th><th>Bedeutung der Farbe</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STOPP-Schild</td><td>rot</td><td>Gefahr</td></tr> <tr> <td>rote Ampel</td><td>rot</td><td>Gefahr, stehen bleiben</td></tr> <tr> <td>grüne Ampel</td><td>grün</td><td>alles gut, losfahren</td></tr> <tr> <td>Tomate</td><td>rot</td><td>reif</td></tr> <tr> <td>Arztkittel</td><td>weiß</td><td>sauber, ehrlich</td></tr> <tr> <td>Babyshampoo</td><td>rosa</td><td>sanft, für Babys</td></tr> <tr> <td>Sonne</td><td>gelb</td><td>warm</td></tr> <tr> <td>Wespe</td><td>gelb, schwarz</td><td>gefährlich</td></tr> <tr> <td>Fliegenpilz</td><td>rot, weiß</td><td>giftig</td></tr> <tr> <td>blaues Hinweisschild</td><td>blau</td><td>neutral</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Beim Blick durch die Farbfolie sieht man alles in der Farbe der Folie, beziehungsweise durch die (subtraktive) Farbmischung der beiden Farben von Brille und betrachtetem Objekt in einer neuen Farbe. Helligkeitsunterschiede werden deutlicher oder weniger deutlich. ▪ Beispiele: „Die gelbe Farbfolienbrille, weil dann alles freundlich aussieht“ oder „Die blaue Farbfolienbrille, weil dann alles schön kühl aussieht“. 	Abgebildeter Gegenstand	Farbe	Bedeutung der Farbe	STOPP-Schild	rot	Gefahr	rote Ampel	rot	Gefahr, stehen bleiben	grüne Ampel	grün	alles gut, losfahren	Tomate	rot	reif	Arztkittel	weiß	sauber, ehrlich	Babyshampoo	rosa	sanft, für Babys	Sonne	gelb	warm	Wespe	gelb, schwarz	gefährlich	Fliegenpilz	rot, weiß	giftig	blaues Hinweisschild	blau	neutral
Abgebildeter Gegenstand	Farbe	Bedeutung der Farbe																																
STOPP-Schild	rot	Gefahr																																
rote Ampel	rot	Gefahr, stehen bleiben																																
grüne Ampel	grün	alles gut, losfahren																																
Tomate	rot	reif																																
Arztkittel	weiß	sauber, ehrlich																																
Babyshampoo	rosa	sanft, für Babys																																
Sonne	gelb	warm																																
Wespe	gelb, schwarz	gefährlich																																
Fliegenpilz	rot, weiß	giftig																																
blaues Hinweisschild	blau	neutral																																
Auswerten und reflektieren 	<p>Zu erwartende Ergebnisse:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Was verändert sich, was bleibt gleich: Meistens wird der betrachtete Gegenstand in die Farbe der Brille getaucht. Manchmal ergeben sich durch Farbmischungen neue Farben. (z. B. Blau + Gelb = Grün) 2. Farbwirkung: Die Schülerinnen und Schüler stellen fest, dass sie über die Farben und ihre Wirkung ähnlich denken. Der Blick durch die Farbfolienbrillen beeinflusst ihre Farbwahrnehmung. Indem sie feststellen, dass die ursprüngliche Information, z. B. „Gefahr“ oder „reife Tomate“ verfälscht wird, festigen sie ihre Kenntnis über die Wirkung der verschiedenen Farben. Beim Blick auf Wespe und Fliegenpilz kann den Schülerinnen und Schülern auffallen, dass die wichtigen Informationen über die Kontrastfarben und nicht die Farbgebung selbst gegeben werden. Die Kontraste werden nicht so sehr verfälscht wie die Originalfarben. <p>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</p> <p>Du hast mit Hilfe des Experiments erkannt, wie sich das Aussehen der Welt verändert, wenn man sie durch verschiedene Farben betrachtet. Mit einer rosa Brille sieht sie freundlicher aus, mit einer grauen eher trist.</p>																																	

4.1.6 Weiterführende Informationen

In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

So kannst du weiterforschen 	<p>Die Rot-Grün-Sehschwäche ist vererbbar. Die betroffenen Personen sind im Alltag nicht allzu sehr einschränkt. Dennoch gibt es Berufe, die diese Personen nicht ausüben können. So gelten für Piloten strenge Richtlinien über das Sehvermögen. Im Vorfeld der Ausbildung müssen Sehtests bestanden werden.</p> <p>Indem sich die Schülerinnen und Schüler in den Alltag einer Rot-Grün-sehschwachen Person einfühlen, können sie sich bewusst machen, dass alle Personen ihre Umwelt auf ihre ganz eigene Art und Weise wahrnehmen.</p> <p>Sie können in diesem Zusammenhang auch die gängigen Sehtestbilder für die Ermittlung einer Rot-Grün-Sehschwäche verwenden. Wägen Sie selbst ab, ob Ihre Gruppe der Schülerinnen und Schüler hierfür offen ist, und seien Sie als Bezugsperson zur Stelle, wenn sich für ein Kind erstmalig herausstellt, dass es Rot und Grün nur schwer unterscheiden kann.</p> <p>Aus Gründen des Erbganges, dem die Rot-Grün-Schwäche folgt, sind deutlich mehr Männer betroffen.</p>
---	--

Sonstiges

Streifen Sie mit den Schülerinnen und Schülern wachen Augen durch die Umgebung. Man kann entdecken, dass Farben ein wichtiges Mittel zur Kennzeichnung und Markierung sind. Finden Sie neben den bereits behandelten Verkehrssignalen und -schildern weitere Beispiele für konsequente Farbgestaltung; Wasserhähne für kaltes Wasser sind an einer blauen Markierung erkennbar, die für heißes Wasser an der roten. Mülltonnen haben zum Zwecke der Mülltrennung bestimmte Farben; außerdem sind die Mülltonnen, die stärker verschmutzt werden, in dunkleren Farben gehalten. Polizei-, Post- und Feuerwehrautos haben ebenfalls individuelle Farben.

Bastelvorlage Brille

Damit das „Brillengestell“ stabiler ist: Einmal mittig falten, „Brillengläser“ einkleben und mit Klebefilm verschließen. Dann die Bügel ebenfalls mit Klebefilm anbringen.

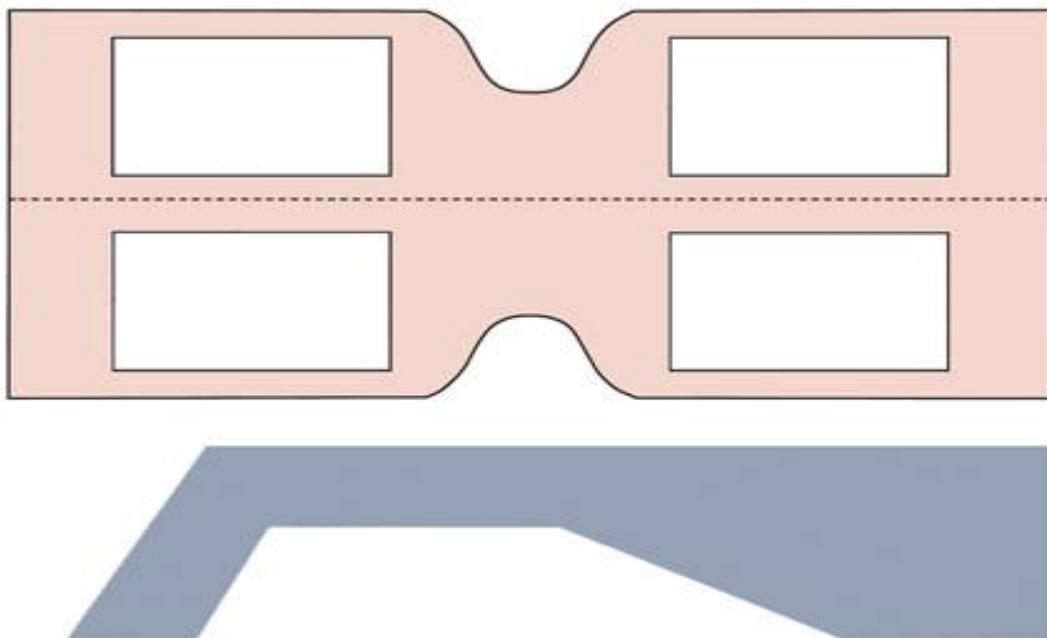


Abb. 1: Bastelvorlage Brille zum Ausschneiden.

4.2 Teilexperiment C4.2 Unser Gesichtsfeld

4.2.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl	Material Zusatzexperiment	Anzahl
Isolierklebeband	1	Knete in verschiedenen Farben	je eine Kugel mit ca. 1 cm Durchmesser

4.2.2 Organisatorisches

Räumlichkeiten	im Unterrichtsraum oder im Freien
Zeitbedarf	ca. 45 Minuten
Durchführungsvarianten	als Station beim Stationenlernen, siehe Hinweis bei Kapitel 4
Sicherheitshinweise	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Gesundheit“
Aufräumen	Saubere Knete kann gesammelt und wiederverwendet werden.

4.2.3 Das Teilexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler erfahren, was der Begriff Gesichtsfeld bedeutet, und ermitteln die horizontale Ausdehnung ihres eigenen Gesichtsfeldes. Dabei erkennen sie den Vorteil des Gesichtsfeldes mit zwei Augen gegenüber dem mit einem Auge. Beim Zusatzexperiment stellen die Schülerinnen und Schüler fest, dass sie innerhalb des Gesichtsfeldes nicht überall Farben wahrnehmen können.

Fachlicher Hintergrund

Das **Gesichtsfeld** ist der Bereich, den wir mit beiden Augen gleichzeitig überblicken können, ohne die Augen oder den Kopf dabei zu bewegen. Die Größe des Gesichtsfeldes in seiner horizontalen und vertikalen Ausdehnung ist alters-, geschlechts- und aufmerksamkeitsabhängig. In der Jugend umfasst das Gesichtsfeld ca. 175°, im Alter fällt der Wert stetig ab. Bei Frauen ist das Gesichtsfeld etwas größer und bei Konzentration auf eine Tätigkeit oder auch bei Stress wird es vorübergehend kleiner. Jedes Auge hat ein Gesichtsfeld von etwa 150°, d. h. die Gesichtsfelder der einzelnen Augen überschneiden sich um etwa 120°. Da wir aber normalerweise die Augen unbewusst hin- und her bewegen erscheint uns das Gesichtsfeld größer, weil wir dann ohne Drehen des Kopfes bis zu ca. 270° erfassen können.

Das Gesichtsfeld von ca. 175° bzw. 270° sagt allerdings noch nichts darüber aus, wie viel wir von diesem Bereich auch tatsächlich gleichzeitig wirklich scharf sehen können. Um eine Überlastung bei der Bildauswertung zu vermeiden, wertet das Gehirn pro Zeiteinheit immer nur einen Bruchteil des Blickfelds aus. Dieser wirklich gleichzeitig scharf gesehene Bereich liegt, je nachdem wie sehr wir uns auf Details konzentrieren, zwischen ca. 3° und 50°. Wenn wir dennoch meinen, immer alles gleichzeitig scharf zu sehen, liegt das daran, dass das Gehirn die anderen, zu diesem Zeitpunkt eigentlich nicht ausgewerteten Bereiche aus dem Gedächtnis als scharf restauriert.

Dieses Phänomen kann man anhand zweier praktischer Beispiele verifizieren.

- Viele Zaubertricks machen es sich zunutze, dass man nur das sieht, auf das man sich gerade konzentriert.
- In der Fotografie hat die Erfahrung gezeigt, dass ein Objektiv mit einem Bildwinkel von ca. 50° am besten dem menschlichen Seheindruck entspricht.

Wie können wir Entfernungen abschätzen bzw. räumlich sehen?

Das beruht auf dem sogenannten **binokularen Sehen**. Beim Menschen, der zwei normalsichtige Augen hat (oder eine entsprechende Brille oder Kontaktlinsen), bekommt das Gehirn vom linken und rechten Auge zwei leicht unterschiedliche Bilder. Dieser Unterschied beruht auf dem Augenabstand. Um ein scharfes gemeinsames Bild zu bekommen, verschiebt nun das Gehirn die beiden Bilder so lange gegeneinander, bis sie zu Deckung kommen. Je nachdem wie weit die Gegenstände, die wir sehen, von uns entfernt sind, muss das Gehirn die Bilder unterschiedlich stark verschieben, damit sie als scharfes Bild zu Deckung kommen. Durch diesen unbewusst im Gehirn ablaufenden Vorgang haben wir ständig die Information, wie weit Gegenstände entfernt sind, wir sehen räumlich. (Übrigens, auch Einäugige können räumlich sehen. Hier lernt das Gehirn aufgrund der Perspektive, d. h. der wahrgenommenen Abnahme der Größe von Gegenständen mit zunehmender Entfernung, die Entfernung abzuschätzen.) Wenn wir also nach einem Gegenstand greifen, greifen wir normalerweise weder zu kurz noch zu weit.

Die Sinneszellen in der Netzhaut, die Stäbchen und Zapfen, sind nicht gleichmäßig verteilt. Die Zapfen, die für das Farbsehen zuständig sind, befinden sich überwiegend im Zentrum der Netzhaut. Die Stäbchen dagegen liegen vor allem in der Netzhautperipherie. Das bedeutet, dass wir in der Peripherie unseres Gesichtsfeldes gar keine Farben wahrnehmen können. Uns fällt das im Alltag gar nicht auf, da unser Gehirn diese Informationen einfach selbstständig aus Erfahrung ergänzt. Experimentell lässt sich dieser Sachverhalt aber gut zeigen.

4.2.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Den Schülerinnen und Schülern ist klar, dass sich die Ausdehnung des Gesichtsfeldes ändert, wenn man ein Auge schließt. Vielleicht kennen die Schülerinnen und Schüler Situationen, in denen es praktisch wäre, wenn man auch hinten Augen hätte. Fragen Sie, wie man sich behilft, wenn man etwas nicht sehen kann, beispielsweise beim Radfahren.

4.2.5 Der Forschungskreis

Wichtige Aspekte und Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten des Forschungskreises im Experiment für Schülerinnen und Schüler:

Problem/Phänomen erkennen	In diesem Experiment geht es darum, das Gesichtsfeld, das mit den Augen erfasst werden kann, kennen zu lernen. 
Die Forschungsfrage	Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Was ist das Gesichtsfeld? ▪ Welche Ausdehnung hat dein Gesichtsfeld?

Ideen und Vermutungen sammeln 	<p>Mögliche Vermutungen könnten sein:</p> <p>Zur Forschungsfrage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Ich kann von links bis rechts sehen.“ ▪ „Ich kann mehr/weniger als 180 Grad sehen.“ <p>Zum Experiment:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Wenn ich den Kopf drehe, verändert sich das Gesichtsfeld.“ ▪ „Wenn ich schiegle, wird mein Gesichtsfeld kleiner.“ <p>Leiten Sie von den Vermutungen auf das Experiment über.</p>
Experimentieren 	<p>Aufbau des Experiments:</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler benötigen für das Experiment nur ihre Augen, ihre Daumen und eine möglichst helle Wand, damit sie nicht abgelenkt werden.</p> <p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es ist darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler die Wand fixieren und nicht zu ihren Daumen blicken. Außerdem soll nicht geschielt werden. ▪ Es könnte sein, dass die Schülerinnen und Schüler schummeln, entweder weil sie einen gewissen Wettbewerb spüren oder weil sie den Arm noch sehen, aber als Daumen interpretieren. Leiten Sie dazu an, die Daumen zu bewegen; nur wenn das Wackeln wahrgenommen werden kann, kann man die Daumen auch tatsächlich noch sehen. ▪ Für die Experimentierphase mit den einzelnen Augen müssen die Schülerinnen und Schüler jeweils ein Auge schließen. Nicht jeder kann die Augen unabhängig voneinander zukneifen. Geben Sie Hilfestellung oder leiten Sie die Teampartner zu einem sanften Abdecken des Auges an. Sie können auch mit Augenklappen oder Tüchern ein Auge abdecken.
Beobachten und dokumentieren 	<p>Wichtigste Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Schülerinnen und Schüler beobachten, dass sich ihre Gesichtsfelder voneinander unterscheiden. Die Abklebungen auf dem Boden helfen beim Vergleich. Es werden aber keine großen Unterschiede erwartet. ▪ Interessant wird es beim Vergleich der Gesichtsfelder: Die Schülerinnen und Schüler stellen fest, dass sich die Gesichtsfelder von linkem und rechtem Auge zu einem großen Teil überschneiden. ▪ Die Hände werden in der Regel nicht genau getroffen werden, wenn jeder der Teampartner ein Auge geschlossen hat. <p>Falls die Schülerinnen und Schüler schon mit Winkelmessungen vertraut sind, können sie die Winkel ihres eigenen Gesichtsfelds anhand der Abklebungen vermessen. Auch zeichnerisch könnten sie ihr Gesichtsfeld festhalten.</p>

Auswerten und reflektieren 	<p>Zu erwartende Ergebnisse:</p> <p>Die Überschneidung der Gesichtsfelder beider Augen hat den Vorteil, dass unser Gehirn über alles, was wir mit den Augen fixieren, zwei Informationen bekommt und wir somit dreidimensional sehen können</p> <p>Lösung zu den Fragen: (Die folgenden Antworten stimmen nur, wenn die Schülerin bzw. der Schüler von Haus aus mit jedem Auge gleich gut sieht.)</p> <p>Mit zwei Augen ...</p> <ul style="list-style-type: none">▪ sehe ich besonders genau, was sich in meiner Blickrichtung abspielt. (richtig)▪ sehe ich alles doppelt. (falsch)▪ habe ich ein größeres Gesichtsfeld. (richtig)▪ sehe ich doppelt so scharf. (falsch)▪ kann ich Entfernungen ziemlich genau abschätzen. (richtig)▪ kann ich räumlich sehen. (richtig) <p>Durch die Reflexion über die verschiedenen Blickwinkel werden die Schülerinnen und Schüler darin unterstützt, sich der Bedeutung des Gesichtsfeldes bewusst zu werden. Sie erkennen, dass wir nicht nur die Dinge wahrnehmen, die direkt vor uns sind, sondern auch einiges sehen können, was sich seitlich von uns abspielt.</p> <p>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</p> <p>Du weißt jetzt, dass du nicht im Gesichtsfeld deiner Mutter bist, wenn sie mit dem Rücken zu dir steht. Deshalb kann sie nicht sehen, dass du einen Klimmzug geschafft hast. Wenn sie den Kopf dreht, kommst du in den Bildausschnitt ihres Gesichtsfelds.</p>
--	--

4.2.6 Weiterführende Informationen

In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

So kannst du weiterforschen 	<p>Die Schülerinnen und Schüler stellen bei diesem Zusatzexperiment fest, dass sie gar nicht in der Lage sind, die Farbe eines unbekannten Gegenstandes zu bestimmen, wenn er von außen in das äußere Gesichtsfeld eingeführt wird. Lassen Sie ausreichend viele Durchgänge durchführen, damit klar wird, dass sie erst ab einer bestimmten Grenze im Gesichtsfeld sicher die Farbe bestimmen können. Es gibt tatsächlich Farben, die man früher erkennen kann.</p> <p>Folgendes gilt es zu beachten:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Der Daumen muss mit der farbigen Knete voran geführt werden, da sonst der Farbbeindruck des Daumens stört.▪ Der Arm darf nicht in das Gesichtsfeld der Testperson rücken.▪ Der Daumen darf nicht zu schnell bewegt werden, damit die Testperson genügend Zeit für den „Stopp!“-Ruf hat. <p>Die Tatsache, dass wir im äußeren Bereich des Gesichtsfeldes gar keine Farben sehen können, ist für die Schülerinnen und Schüler sehr erstaunlich. Sollten die Schülerinnen und Schüler die Farben ungewöhnlich schnell erkennen, so verwenden sie vermutlich zu großen Knetkugeln und müssen mit kleinen Knetkugeln weiterexperimentieren.</p>
---	--

Sonstiges

Weitergehend könnten Sie gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern überlegen, wo die Augen von Tieren (z. B. Fische, Raubkatzen, Pferde oder Vögel) platziert sind. Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler recherchieren, wie diese Tiere sehen. Unterscheidet sich deren Gesichtsfeld von unserem? Woran könnte das liegen?

Meist haben Fluchttiere die Augen seitlich, damit sie angreifende Feinde früh sehen können oder ihr Fluchtgebiet gut im Blick haben. Jäger besitzen dagegen meist Augen, die nach vorne gerichtet sind. So können sie ihre Beute optimal fixieren.

Besprechen Sie mit den Schülerinnen und Schülern die Bedeutung von Scheuklappen bei Pferden. Bauen Sie gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern Scheuklappen nach und machen Sie gemeinsam einen kleinen Spaziergang.

4.2.7 Wertebzug

<p>Deine Meinung ist gefragt</p> 	<p>Bei der Diskussion um Werte in diesem Experiment kann die Lehrkraft einen Impuls geben oder eine Dilemmageschichte erzählen. Beides dient als Hinführung zu einer Reflexionsdiskussion. Wichtig ist, dass der Bezug zu Werten im Experiment hergestellt werden kann. Entweder können lernprozessbezogene Werte (z. B. zuverlässiges Arbeiten in Gruppen) oder gegenstandsbezogene Werte (z. B. Umgang mit der Ressource Papier) diskutiert werden. In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler werden für C4.2 Unser Gesichtsfeld gegenstandsbezogene Werte angesprochen.</p> <p>Gegenstandsbezogenes Dilemma:</p> <p>Am Ende der Anleitung für Schülerinnen und Schüler lässt sich ein gegenstandsbezogenes Dilemma zu den Werten Solidarität, Offenheit, Eigenaktivität und Verantwortungsübernahme einbauen. Die Schülerinnen und Schüler sollen ihre Meinungen dazu äußern.</p> <p>Augen-Dilemma: Du gehst mit deinen Freunden zusammen nach Hause. Dort bemerkt ihr ein Kind, das die Straße überqueren möchte. Es hat einen Stock in der Hand und eine Augenklappe über dem rechten Auge. Dein Freund flüstert dir zu: „Schau mal, das Kind hat nur ein Auge zum Sehen.“ Du nickst deinem Freund zu und meinst: „Vielleicht sollten wir ihm über die Straße helfen.“ Deine Freundin runzelt die Stirn. „Wozu? Das Kind kann zwar mit dem einen Auge nichts sehen, aber das andere ist doch gesund. Lasst uns weiter gehen, wir sind eh schon spät dran.“</p> <p><i>Überlege dir: Was würdest du tun?</i></p> <p>Mögliche Äußerungen der Schülerinnen und Schüle für und gegen Hilfestellung:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #d3d3d3;">Gründe für Hilfestellung</th> <th style="background-color: #d3d3d3;">Gründe gegen Hilfestellung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sein Gesichtsfeld ist eingeschränkt. ▪ Es kann nicht sicher selbst über die Straße laufen. </td><td> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es sieht noch mit einem Auge. ▪ Es nimmt zu viel Zeit in Anspruch und ihr seid schon spät dran. ▪ Es ist aufwändig, das Kind zu fragen. </td></tr> </tbody> </table> <p>Ziel:</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler sollen darüber reflektieren, wie sie solidarisch, offen, eigenaktiv und verantwortungsvoll mit der Situation umgehen können. Dabei werden die Werte Solidarität, Offenheit, Eigenaktivität und Verantwortungsübernahme angesprochen.</p>	Gründe für Hilfestellung	Gründe gegen Hilfestellung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sein Gesichtsfeld ist eingeschränkt. ▪ Es kann nicht sicher selbst über die Straße laufen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es sieht noch mit einem Auge. ▪ Es nimmt zu viel Zeit in Anspruch und ihr seid schon spät dran. ▪ Es ist aufwändig, das Kind zu fragen.
Gründe für Hilfestellung	Gründe gegen Hilfestellung				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sein Gesichtsfeld ist eingeschränkt. ▪ Es kann nicht sicher selbst über die Straße laufen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es sieht noch mit einem Auge. ▪ Es nimmt zu viel Zeit in Anspruch und ihr seid schon spät dran. ▪ Es ist aufwändig, das Kind zu fragen. 				

	<p>Alternative:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Geschichte sind auch Impulsaussagen oder Impulsfragen geeignet, um eine Diskussion anzuregen. Die Werte bleiben gleich.▪ Impuls: Du beobachtest ein Kind, das beim Überqueren der Straße nur geradeaus schaut.▪ Impulsfrage: Warum ist es wichtig, dass man weiß, wie weit das Gesichtsfeld reicht? <p>Hinweise:</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler sollen über Werte reflektieren und ihre Meinungen vertreten. Es kann sein, dass mehrere Werte angesprochen werden.</p>
--	---

4.3 Teilexperiment C4.3 Zum Sehen braucht man Licht

4.3.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
einfarbige, baugleiche Bauklötzte in gelb, rot, grün und blau	nach Belieben
Decke	1

4.3.2 Organisatorisches

Räumlichkeiten	im Unterrichtsraum, mit einem Tisch
Zeitbedarf	ca. 45 Minuten
Durchführungsvarianten	als Station beim Stationenlernen, siehe Hinweis bei Kapitel 4
Sicherheitshinweise	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Gesundheit“

4.3.3 Das Teilexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler testen ihr Sehvermögen in der Dunkelheit und versuchen, ohne Licht Gegenstände nach ihrer Farben zu sortieren.

Fachlicher Hintergrund

Unser Sehvermögen und das Wahrnehmen von Farben hängen stark von den Lichtverhältnissen ab. Die Sehsinneszellen, die Stäbchen und Zapfen, arbeiten ab unterschiedlichen Beleuchtungsstärken: Die Stäbchen sind sehr lichtempfindlich und werden bereits bei schlechten Lichtverhältnissen aktiviert; schon Mondschein oder das Funkeln der Sterne reichen für sie aus. Mit den Stäbchen können wir aber nur Helligkeitsunterschiede, also Grautöne, wahrnehmen, keine Farben. Die Zapfen, die für das Farbsehen verantwortlich sind, werden erst ab höheren Beleuchtungsstärken aktiv. Bei schlechten Lichtverhältnissen können wir daher kaum Farben wahrnehmen. Bei Dämmerung und Dunkelheit weiten sich unsere Pupillen deshalb maximal, damit möglichst viel Licht der spärlichen Beleuchtung auf unsere Netzhaut treffen kann.

Die Umstellung auf das Sehen mit den Stäbchen dauert ein bisschen. Erst nach ca. 10 bis 20 Minuten haben sich die Augen auf die Sicht im Dunkeln eingestellt und wir erkennen dann auch mehr. Im Gegensatz dazu funktioniert die Einstellung auf eine plötzliche Helligkeit aus Schutzgründen sehr schnell. Die Gewöhnung an die Dunkelheit gelingt schneller, wenn man die Augen für wenige Minuten schließt. Das Farbsehen funktioniert aber auch nach dieser Gewöhnung nicht.

4.3.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Kinder machen schon früh die Erfahrung, dass ihr Sehvermögen in der Dunkelheit eingeschränkt ist. Manche fürchten sich daher auch manchmal im Dunkeln.

Plötzliche Änderungen der Lichtverhältnisse kennen die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel auch, wenn man mit dem Auto in einen Tunnel fährt oder in einen schlecht beleuchteten Raum tritt. Fragen Sie nach den Sinneseindrücken in solchen Momenten. Vielleicht wissen die Schülerinnen und Schüler schon, dass sich die Augen an die Dunkelheit gewöhnen müssen.

4.3.5 Der Forschungskreis

Wichtige Aspekte und Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten des Forschungskreises im Experiment für Schülerinnen und Schüler:

Problem/Phänomen erkennen 	In diesem Experiment geht es darum, die Bedeutung von Licht für das Sehen kennen zu lernen.
Die Forschungsfrage 	Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wie sehen Farben in der Dunkelheit aus? ▪ Was kannst du in der Dunkelheit sehen?
Ideen und Vermutungen sammeln 	Mögliche Vermutungen könnten sein: Zur Forschungsfrage: <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Ich kann Umrisse sehen.“ ▪ „Wenn es sehr dunkel ist, kann ich gar nichts erkennen.“ ▪ „In der Dunkelheit kann ich nur Grautöne unterscheiden.“ Zum Experiment: <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Die gelben Bauklötzte kann ich gut von den anders farbigen Bauklötzen unterscheiden.“ ▪ „Besonders schlecht kann ich die dunklen Farben, Blau und Grün, unterscheiden.“ Leiten Sie von den Vermutungen auf das Experiment über.
Experimentieren 	Aufbau des Experiments: Praktischerweise ist auch der Raum oder die Ecke, in der dieses Experiment aufgebaut ist, schlecht beleuchtet. Alternativ kann dieses Experiment auch in einem separaten Raum stattfinden. Achten Sie in diesem Fall auf Ihre Aufsichtspflicht. Durchführung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich mit Farbeindrücken im Dunkeln. Zunächst alleine, dann im Team. Die Schülerinnen und Schüler in der Höhle sollten sich beim Hineinreichen der Gegenstände in die Höhle abwenden, damit sie nicht schon im Vorfeld die Farbe erkennen können.

Beobachten und dokumentieren 	<p>Die Schülerinnen und Schüler erfahren, welche Einschränkungen sich ohne Licht ergeben.</p> <p>Wichtigste Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Das Sortieren der Farben in der Dunkelheit ist zunächst sehr schwierig. ▪ Haben sich die Augen an die Dunkelheit gewöhnt, so können Helligkeitsunterschiede besser wahrgenommen werden; man sieht mehr als vorher. ▪ Nach der Gewöhnung wird es möglich, hellere von dunkleren Farben (z. B. Gelb von Blau) zu unterscheiden. Obwohl man insgesamt mehr sehen kann als vorher, ist eine genaue Zuordnung der Farben aber dennoch kaum möglich, z. B. gibt es bei der Unterscheidung von Blau und Grün Probleme.
Auswerten und reflektieren 	<p>Zu erwartende Ergebnisse:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lösung Lückentext: Wenn man die Augen an die Dunkelheit gewöhnt hat, kann man insgesamt <u>besser</u> im Dunkeln sehen. Die Farben kann ich nach einer Gewöhnung <u>ein wenig besser / genauso schlecht</u> erkennen. <u>Blau und Grün</u> kann man besonders schwer voneinander unterscheiden. 2. Möglicherweise bestehen die Schülerinnen und Schüler darauf, dass sie die Farben nach der Gewöhnung ein wenig besser sehen können. Erklären Sie in diesem Fall, dass es vor allem die Kontraste zwischen hellen und dunklen Farben sind, die sie nach der Gewöhnung besser sehen können. Um die Individualität zu wahren, können Sie im letzten Satz des Lückentextes aber beide Versionen gelten lassen. <p>Rückbezug zur Anlassgeschichte: Du weißt jetzt, dass dein Bruder recht hat. Sobald sich deine Augen an die Dunkelheit gewöhnt haben, siehst du besser. Formen und Gegenstände sind dann ganz gut zu erkennen, Farben hingegen auch nach der Gewöhnung kaum.</p> <p>Transfer: Die Schwierigkeiten beim Sortieren der Farben lassen die Kinder erkennen, wie wichtig das Licht für unser Farbsehen ist. Sie könnten diskutieren, warum Jogger oder Fußgänger im Straßenverkehr im Dunkeln hellere Kleidung tragen sollten.</p>

4.3.6 Weiterführende Informationen

In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

So kannst du weiterforschen 	Als Hausaufgabe können die Schülerinnen und Schüler ganz bewusst ihr Zimmer im Dunkeln erforschen. Geben Sie nochmal vor, dass die Eltern aus Sicherheitsgründen über dieses Vorhaben Bescheid wissen müssen. Die Schülerinnen und Schüler verdunkeln ihr Zimmer und sollen nun bestimmte Gegenstände finden. Dabei werden sie sehr langsame Bewegungen ausführen und sich vermehrt auf ihren Tastenverstand verlassen. Die Gewöhnung der Augen an die Dunkelheit durch das Schließen der Augen können sie auch durchführen. Je nachdem, wie gut das Zimmer aufgeräumt ist, wird die Aufgabe besser oder schlechter klappen. Fragen Sie beim nächsten Treffen nach den Erfahrungen.
---	---

Sonstiges

- Denken Sie gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern darüber nach, wie es wäre, in einer Welt ohne Licht zu leben. Unser Planet wird von der Sonne beschienen. Ohne ihr Licht wäre es finster und sehr kalt auf der Erde. Ohne Licht könnten wir die Farbenprächtigkeit unserer Umgebung nicht wahrnehmen, wir könnten keinen Gegenstand sehen. In Dunkelheit und Kälte könnten keine Pflanzen wachsen und Lebewesen, also auch wir Menschen, nicht existieren.
- Recherchieren Sie über die Farbwahrnehmung bei Tieren. Es gibt sehr viele Tiere, die weniger Farben als wir oder nur Grautöne wahrnehmen können. Gibt es auch Tiere, die mehr Farben wahrnehmen können als wir Menschen?

4.4 Teilexperiment C4.4 Woher kommen die Farben des Regenbogens?

4.4.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Tonpapier, weiß	1
Trinkglas, ungeschliffen	1
Prisma	1
Wasser	1 Glas voll

4.4.2 Organisatorisches

Räumlichkeiten	im Unterrichtsraum, an einem einfachen Tisch vor dem Fenster oder im Freien; für alle Experimente ist Sonnenlicht erforderlich
Zeitbedarf	ca. 45 Minuten
Sicherheitshinweise	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Gesundheit“

4.4.3 Das Teilexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit den Farben des Lichts auseinander und lernen anhand von zwei Methoden, dass man weißes Sonnenlicht in die einzelnen Farben (Spektralfarben) zerlegen kann.

Fachlicher Hintergrund

Licht breitet sich in der Regel geradlinig aus. Trifft es auf eine Grenzfläche zwischen zwei verschiedenen, lichtdurchlässigen Stoffen, z. B. Luft und Wasser oder zwei verschiedene Glassorten, so wird ein Teil des Lichts zurückgeworfen (Reflexion), der andere Teil geht hindurch (Transmission), ändert dabei aber seine Richtung. Letzteres nennt man **Brechung**. Nur wenn das Licht senkrecht auf die Grenzfläche trifft, wird es nicht abgelenkt. Verschiedene Stoffe brechen das Licht unterschiedlich stark, was durch den materialtypischen Brechungsindex beschrieben wird.

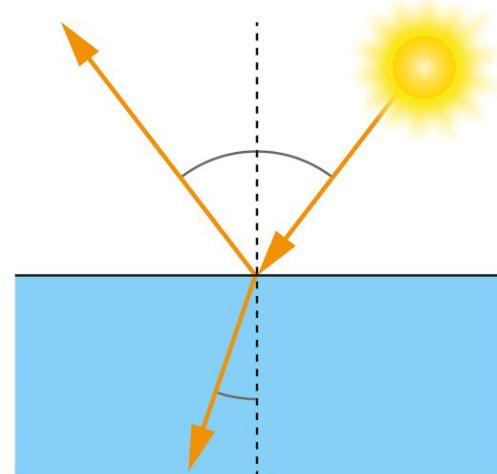


Abb. 2: Das Prinzip der Brechung.

Wie stark das Licht abgelenkt, also gebrochen wird, hängt neben dem Einfallswinkel also auch von dem Stoff ab, in den das Licht an der Grenzfläche eintritt. Beim Übergang von Luft in Wasser wird das Licht z. B. zum Einfallslot hin gebrochen. Zusätzlich hängt der Grad der Ablenkung auch noch von der Wellenlänge des einfallenden Lichts ab. Letzteres bezeichnet man als **Dispersion**. In einem Wassertropfen beispielsweise wird rotes Licht schwächer gebrochen als blaues, was z. B. zur atmosphärischen Erscheinung eines Regenbogens führt. Und aufgrund von Dispersion wird das Licht auch beim Durchgang durch ein Prisma in seine Farben zerlegt.

Hinweise:

- Das Zustandekommen eines Regenbogens in der Natur ist ein sehr komplexer physikalischer Sachverhalt. Brechung und Dispersion erklären nur die Farbzusammensetzung des Regenbogens. Um die Bogenform oder das Phänomen des Nebenregenbogens zu erklären, reichen diese beiden Sachverhalte nicht aus.
- Das Licht wird beim Durchgang durch einen Stoff, auch bei einem scheinbar völlig transparenten Stoff, stets zu einem gewissen Anteil absorbiert, d. h. die Strahlungsenergie des Lichts wird in Wärme umgewandelt. Die Intensität des durchgelassenen Strahls wird dadurch geringer. Das ist ein Grund, weshalb man das gebrochene Licht bei den Experimenten nur in einem abgedunkelten Raum sehen kann.

4.4.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Die meisten Schülerinnen und Schüler haben sicher schon einmal einen Regenbogen gesehen. Dass es sich bei den Farben des Regenbogens um die Farben des Sonnenlichts handelt, ist den Schülerinnen und Schülern wahrscheinlich nicht bewusst. Machen Sie den Test: Können die Schülerinnen und Schüler sagen, welche Farben definitiv im Regenbogen vorkommen oder können sie sogar alle Farben nennen und dann auch noch in der richtigen Reihenfolge? Welche Farbe ist oben, welche unten?

Brechungseffekte haben die Schülerinnen und Schüler sicher, wenn auch unbewusst, schon einmal wahrgenommen. So kann man z. B. einen einfachen Demonstrationsversuch voranstellen, bei dem die Schülerinnen und Schüler die Ablenkung des Lichts an Grenzflächen erfahren können. Ein Strohhalm wird in ein Glas mit Wasser gestellt. Betrachtet man das Glas von der Seite, so sieht der Strohhalm geknickt oder verzogen aus. Noch deutlicher ist der Effekt, wenn man zusätzlich noch eine ca. 1 cm dicke Schicht Speiseöl auf das Wasser gibt. Dann wird der Lichtstrahl zweimal gebrochen und der Effekt ist noch deutlicher. Oder vielleicht haben die Schülerinnen und Schüler schon selbst einmal ins Leere gegriffen bei dem Versuch, einen Gegenstand aus dem Wasser zu fischen, weil sie ihn an anderer Stelle gesehen haben, als er tatsächlich lag. Lustig ist es auch, wenn man im Schwimmbad bis zum Bauchnabel im Wasser steht und an sich herunter ins Wasser blickt: Der eigene Körper wirkt völlig anders proportioniert.

Um das Experiment im Detail zu verstehen, müssten die Schülerinnen und Schüler bereits die Vorstellung haben, dass sich das Licht als Strahl ausbreitet. Sollte das Lichtstrahlkonzept nicht im Vorwissen der Schülerinnen und Schüler verankert sein, so brauchen sie es nicht zwingend zu erarbeiten. Es reicht aus, wenn Sie das Experiment phänomenologisch behandeln.

4.4.5 Der Forschungskreis

Wichtige Aspekte und Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten des Forschungskreises im Experiment für Schülerinnen und Schüler:

Problem/Phänomen erkennen	In diesem Experiment geht es darum, weißes Sonnenlicht in die verschiedenen Farben des Regenbogens zu zerlegen.
	

Die Forschungsfrage 	<p>Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wie können Wassertropfen das Licht in die verschiedenen Farben brechen? ▪ Haben sich die Regenbogenfarben z.B. schon mal in einem Wassertropfen oder einer Glasscheibe gebrochen?
Ideen und Vermutungen sammeln 	<p>Mögliche Vermutungen könnten sein:</p> <p>Zur Forschungsfrage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Sonnenlicht ist gelb/weiß/rot.“ ▪ „Am Morgen und am Abend ist das Sonnenlicht rot.“ <p>Zum Experiment:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Im Wasserglas gibt es einen Regenbogen.“ ▪ „Das Prisma verfärbt das Licht.“ <p>Leiten Sie von den Vermutungen auf das Experiment über.</p>
Experimentieren 	<p>Aufbau des Experiments:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alle Experimente sollten in direktem Sonnenlicht durchgeführt werden. Der Bereich, in dem der Farbfleck beobachtbar ist, sollte idealerweise in einem abgedunkelten Bereich liegen. Andernfalls würde das ungebrochene Sonnenlicht die gebrochenen, schwächeren Einzelfarben des Lichts überlagern und damit „unsichtbar“ machen. ▪ Gehen Sie vorab die Umgebung ab und weisen Sie die Schülerinnen und Schüler auf geeignete Plätze hin: Im Freien: Schatten eines Baumes oder eines Gebäudes Im Raum: dunkle Fensterbank oder Tisch, der nicht im direkten Sonnenlicht steht. <p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geben Sie Hilfestellung bei der Platzierung der einzelnen Elemente zueinander: Papierblatt, Glas mit Wasser, Prisma, Sonne. ▪ Der Blick durch das Prisma ist selbst bei direktem Sonnenlicht für die Augen ungefährlich, da das Prisma das Licht nicht bündelt wie z. B. eine Lupe. Dennoch sollten die Schülerinnen und Schüler darauf hingewiesen werden, direkte Blicke ins Sonnenlicht zum Schutz ihrer Augen grundsätzlich zu vermeiden.

Beobachten und dokumentieren

- Beim Blick durch das Prisma entspricht das Auge sozusagen dem Auffangschirm, den sonst die Wand oder das Blatt Papier darstellt. Der Farbfleck wird direkt auf das Auge geworfen.
- Beim Blick durch das Prisma sieht man in der Regel die damit betrachteten Gegenstände mit einem Farbsaum. Dieser Effekt kommt von der wellenlängenabhängigen Brechung.
- Der Farbfleck durch Glas und Prisma kann sich in der Form unterscheiden, die enthaltenen Farben sind aber die gleichen.

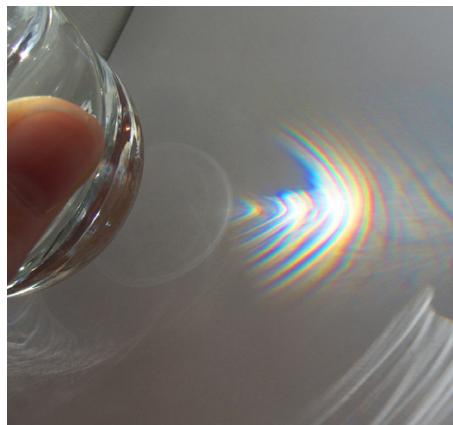
Die wichtigsten Beobachtungen:

Abb. 3: Beobachtung mit dem Wasserglas.



Abb. 4: Beobachtung mit dem Prisma.

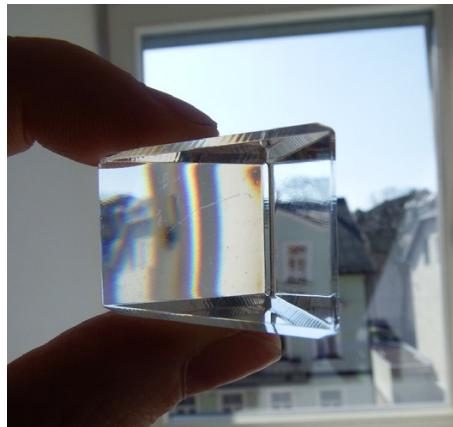


Abb. 5: Das sieht man beim Blick durch das Prisma.

Auswerten und reflektieren 	<p>Die wichtigsten Ergebnisse:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anzahl der Farben und Reihenfolge: Je nachdem, wie genau die Schülerinnen und Schüler beobachten, können sie bis zu 6 Farben in der folgenden Reihenfolge beobachten: Rot – Orange – Gelb – Grün – Blaugrün – Blau (Lila). Achten Sie auf eine korrekte Benennung der Farben (Details siehe Abschnitt 4.4.7). 2. Der farbige Fleck tritt auf, wenn sich noch etwas anderes als Luft zwischen Lichtquelle und Auge befindet. <p>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</p> <p>Mia weiß, dass ein Regenbogen entsteht, wenn die Sonne auf Wassertropfen scheint. Da sich nach einem Regenschauer noch viele Wassertropfen in der Luft befinden, ist es möglich, dass – bei anschließendem Sonnenschein – ein Regenbogen entsteht.</p>
--	---

4.4.6 Weiterführende Informationen

In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

So kannst du weiterforschen 	<p>Die Schülerinnen und Schüler bekommen den Auftrag, im Alltag darauf zu achten, wo in ihrer Umgebung eine Spektralzerlegung des Lichts auftritt. Neben dem Naturschauspiel Regenbogen könnten das sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Auf der Straße ein schillernder Ölfilm auf einer Pfütze, z. B. wenn Kraftstoff ausgelaufen ist. ▪ Farbschlieren auf Seifenblasen. ▪ Sprühnebel, der beim Wässern des Gartens mit einem Schlauch erzeugt wird (künstlicher Regenbogen). ▪ Eine Wolke am Himmel, in deren Inneren sich die Farben zeigen, sogenannte „irisierende Wolke“. <p>Auch mithilfe einer CD/DVD kann man die spektrale Zerlegung des Lichts beobachten. Hier handelt es sich aber nicht um einen Brechungs-, sondern um einen Beugungseffekt.</p>
--	--

4.4.7 Technikbezug

In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

Ob in der Natur oder in modernen Kommunikationstechniken: Die Wahrnehmung und Nutzung von Farben ist eine Selbstverständlichkeit. Wie die Erzeugung und Mischung von Farben jedoch funktioniert, ist sowohl Erwachsenen als auch Schülerinnen und Schülern in der Regel nicht nur beim Farbmalkasten, sondern auch in der Technik im Zusammenhang mit Leuchtdioden oder Bildschirmen (z. B. Flatscreens, Smartphones usw.) völlig unbekannt, bzw. es herrschen äußerst unklare Vorstellungen.

Der Technik auf der Spur 	<p>In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler werden zwei Fotos mit Alltagsbezug gezeigt:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Wohnraumbeleuchtung mit Licht aus Leuchtdioden▪ Fernsehbildschirm <p>Die Schülerinnen und Schüler sollen einen Fernsehbildschirm näher erkunden. Dazu werden Hilfsfragen und Tipps angeboten.</p>
--	---

Die in den Experimenten gewonnenen Einsichten reichen für die Schülerinnen und Schüler bei weitem nicht aus, um die in den Technik-Beispielen gegebenen Anwendungen selbstständig zu erschließen. Die Lehrkraft sollte deshalb zunächst in Form von weiteren Forschungsaufträgen die Schülerinnen und Schüler die beiden Möglichkeiten der Farberzeugung weiter erforschen lassen.

Erzeugung von Farbe durch Mischen von Körperfarben (Subtraktive Farberzeugung)

Begriffsklärung: Unter Körperfarbe versteht man die Farbe, in der ein Körper bei Beleuchtung mit weißem Licht erscheint.

Die Schülerinnen und Schüler erhalten den Forschungsauftrag, die Farben Rot („Tomatenrot“), Grün, Blau („Lila-Blau“) und Grau bzw. Schwarz mittels Mischung von Filzstiften der Farben Gelb, Blaugrün (Cyan) und Purpurrot (bläuliches Rot bzw. Magenta) zu erzeugen.

Mit diesen drei Grundfarben arbeitet z. B. auch ein Tintenstrahldrucker. Mit dem Malkasten kommt man nur schwer zum Ziel, da die Farben nicht rein genug vorhanden sind.

Hinweis: Da die Farbbezeichnungen in der Umgangssprache häufig unscharf verwendet werden („rot ist nicht gleich rot“), können Sie die Gelegenheit nutzen, den Schülerinnen und Schülern die korrekten Farbbezeichnungen z. B. anhand eines Farbkreises zu erklären.

Ergebnis: Bei Beleuchtung mit weißem Licht sieht man:

- **Rot** = Gelb + Purpurrot
- **Grün** = Gelb + Blaugrün
- **Blau** = Blaugrün + Purpurrot
- **Grau bis Schwarz** = Gelb + Purpurrot + Blaugrün

Fazit: Bei Beleuchtung mit weißem Licht kann man Farben und Schwarztöne durch Mischen von Körperfarben erzeugen.

Erzeugung von Farben durch Mischen von farbigem Licht (Additive Farberzeugung):

Vorbereitend kann ein einfaches Experiment durchgeführt werden: Weißes Licht wird durch eine Farbfolie (Rot, Blau oder Grün) auf ein weißes Blatt Papier oder an eine weiße Wand geworfen. Weiterführend und alternativ zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler beschriebenen Vorgehensweise können auch zwei Folien jeweils aufrecht und in einem Winkel zueinander auf den Tisch gestellt werden. Jede Folie wird mit weißem Licht, z. B. aus einer Taschenlampe, so beleuchtet, dass sich das Licht hinter den Folien überlagert und damit mischt (siehe Abbildung).

Ergebnis: Hinter den Folien entstehen folgende Mischfarben:

- Rot + Grün = Gelb
- Rot + Blau = Purpurrot
- Blau + Grün = Blaugrün

Fazit: Man kann beliebige Farben aus der Überlagerung von geeignetem farbigem Licht mischen. Die Überlagerung von rotem, blauem und grünem Licht ergibt weißes Licht.

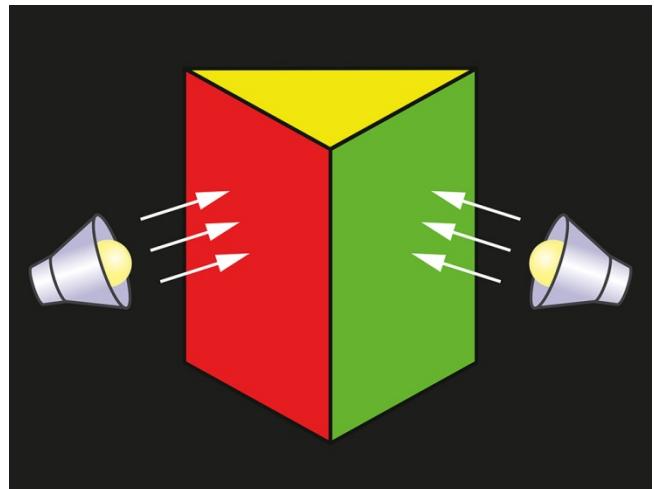


Abb. 6: Versuchsanordnung zur Erzeugung von Gelb aus rotem und grünem Licht.

Hinweise zu den Technikbeispielen.

- Beide Technikbeispiele sind Anwendungen für additive Farbmischung; die Farben entstehen durch die Überlagerung von farbigem Licht. Die Helligkeit nimmt dabei zu.
- Um herauszufinden, wie ein Bildschirm (LCD-Display) aufgebaut ist, werden starke Luppen benötigt (mindestens 10-fache Vergrößerung, besser 15-fache).
- Bei dem Beispelfoto mit der Wohnraumbeleuchtung muss die Lehrkraft darauf hinweisen, dass die Erzeugung des farbigen Lichts in der Lampe durch Mischen des Lichts einer blauen, roten und grünen LED entsteht. Wie dann die Farben der Gegenstände im Raum aussehen, hängt von deren Körperfarbe ab. Bei Beleuchtung mit blauem Licht wird die weiße Wand blau und die eigentlich grüne Schale links auf dem Tisch wird grau bzw. schwarz.

Die Lösungen zu den in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler gestellten Fragen entnehmen Sie bitte dem Lösungsblatt auf dem Medienportal der Siemens Stiftung. Im Medienpaket „Experimento | 8+: Der Technik auf der Spur“, das ebenfalls auf dem Medienportal vorhanden ist, finden Sie weitere fachliche Informationen in einer Sachinformation und einer Linkliste zusammengestellt. In diesem Medienpaket sind auch der Arbeitsauftrag als ausgearbeitetes Arbeitsblatt und die einzelnen Fotos vorhanden.



Abb. 7: Steuerkonsole für das Mischen der farbigen Wohnraumbeleuchtung.