

Menschlicher Körper - Sehen

Welche Farben sieht man im Dunkeln?

Die SchülerInnen entdecken, dass die Augen in der Dämmerung keine Farben, sondern nur Unterschiede in der Helligkeit wahrnehmen können.

Zyklus: 2-4

Dauer: 20 Minuten

Benötigtes Material:

- Zeichenpapier in verschiedenen Farben
- Klebeband oder Magnete
- Tafel mit umklappbaren Seitenflügeln
- Bleistifte und Forschertagebücher (siehe weiter unten) oder Notizblätter



Sicherheitshinweise

Dieses Experiment ist ungefährlich.

Praktische Tipps

Die Aktivität kann eingebettet werden in ein Projekt zu den 5 Sinnen.

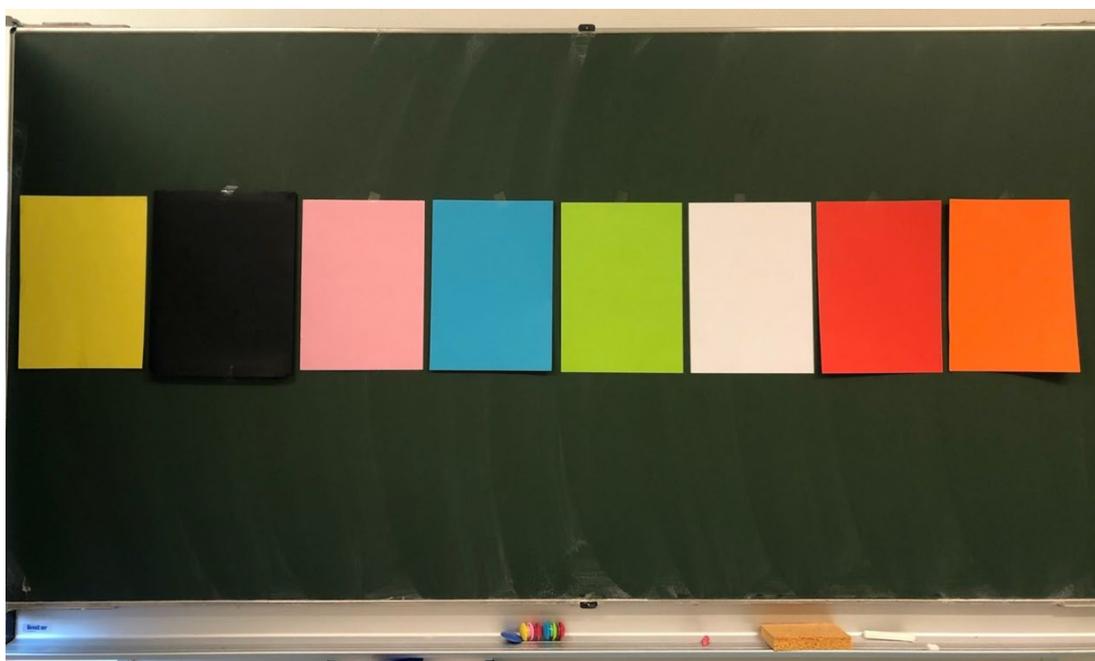
Das Experiment muss in einem Klassenzimmer durchgeführt werden, das komplett abgedunkelt werden kann - so, dass Hell/Dunkel-Kontraste der Papierbögen erkennbar sind, aber ihre Farben nicht oder nur schwer. Die SchülerInnen sollten daher bei der Vorbereitung (Anbringen der bunten Papierbögen an der Tafel) nicht im Raum sein. Sollte es mit DIN A4-Papierbögen nicht klappen, kann man es mit kleineren farbigen Blättern oder Zetteln versuchen, die weiter voneinander weg an die Tafel angebracht werden.

Ablauf

Um Dich mit dem Ablauf und dem Material vertraut zu machen, ist es wichtig, dass Du das Experiment im Vorfeld einmal durchführst. Vor allem ist es wichtig, im Voraus zu testen, wie der Klassensaal am besten abgedunkelt werden kann. Im Raum sollte es nicht stockfinster sein: Es ist wichtig, dass die SchülerInnen noch die Umrisse der bunten Blätter erkennen können. Und wenn möglich, ein paar Notizen in ihr Forschertagebuch machen. Aber es muss dunkel genug sein, damit man unterschiedliche Farben nicht mehr klar erkennen kann, sondern höchstens noch Hell/Dunkel-Kontraste.

Möchtest Du die SchülerInnen das Experiment dokumentieren lassen? Am Ende dieses Artikels (über der Infobox) findest Du ein Forschertagebuch (PDF mit zwei A4-Seiten), welches deine SchülerInnen hierfür nutzen können.

Vorbereitung: Befestige etwa 8 bunte Zeichenblätter (z. B. schwarz, weiß, rot, blau, gelb, grün, rosa, violett, orange, braun, ...) in beliebiger Reihenfolge nebeneinander an den Mittelteil der Tafel (Tafelinnere) und schließe die Seitenflügel, bevor die SchülerInnen den Raum betreten.



Schritt 1: Stellt eine Frage und formuliert Hypothesen

Einstieg:

Der Unterrichtsbeginn findet im abgedunkelten Raum statt: Schließe die Rollläden fast vollständig und mache das Licht aus. Gib den SchülerInnen etwas Zeit, sich an die Dunkelheit zu gewöhnen. Bitte die SchülerInnen nun, einen bestimmten Gegenstand zu finden (z. B. den Tafelschwamm), den du im Voraus von seinem gewohnten Platz auf eine andere Stelle gelegt hast.

Nachdem diese Aufgabe erledigt worden ist, kannst du mit den SchülerInnen aufgetretene Schwierigkeiten besprechen.

Die Frage, die Ihr euch in dieser Einheit stellt, lautet:

Welche Farben sieht man im Dunkeln?

Halte die Hypothesen fest (wenn möglich, an der Tafel oder bitte die SchülerInnen ihre Hypothesen im Forschertagebuch festhalten - s.u.). Die richtige Antwort zu finden ist hier nebensächlich. Es geht vielmehr darum Ideen zu entwickeln und herauszufinden, was die SchülerInnen bereits wissen.

Schritt 2: Führt das Experiment durch

Um herauszufinden, welche Farben man im Dunkeln sieht, werden die SchülerInnen nun ganz einfach mit dieser Situation konfrontiert. Bitte deine SchülerInnen, das Forschertagebuch und einen Bleistift griffbereit zu haben. Erkläre während dieser Phase die Aufgabenstellung: Im Tafelinneren sind verschiedenfarbige Zeichenblätter befestigt. Die Schülerinnen sollen sich die einzelnen Blätter anschauen und die Namen der Farben in der richtigen Reihenfolge in das Forschertagebuch niederschreiben.

Öffne nun die Tafel und gib den SchülerInnen die nötige Zeit, ihre Vermutungen zu notieren.

Schritt 3: Beobachtet was passiert

Danach kannst du die Tafel wieder schließen, die Rollläden öffnen oder das Licht anschalten. Lasse die SchülerInnen berichten, was sie beobachtet haben. War die Aufgabe schwierig? Welche Farben waren problemlos zu erkennen? Bei wie vielen Farben sind die SchülerInnen sich unsicher?

Öffne nun die Tafel und lasse die Kinder ihre Vermutungen mit den tatsächlichen Ergebnissen vergleichen. Die SchülerInnen werden feststellen, dass die schwarzen und weißen Zeichenblätter leicht zu erkennen waren. Wahrscheinlich hatten sie beim Zuordnen von den anderen Farben aber Schwierigkeiten und erkannten keine Farben, sondern unterschiedliche Grautöne. Nicht umsonst heißt es das Sprichwort: nachts sind alle Katzen grau.

Schritt 4: Erklärt das Ergebnis

Das menschliche Auge reagiert auf Farb- und Helligkeitsreize. Auf der Netzhaut gibt es dafür zwei verschiedene Arten von Sehzellen: die Stäbchen und die Zapfen. Mit Hilfe der Zapfen können wir unterschiedliche Farben unterscheiden, sie arbeiten aber nur bei genügend Licht. In der Dämmerung arbeiten die Zapfen schlechter und in der Dunkelheit arbeiten die Zapfen nicht. Die Stäbchen dagegen arbeiten auch, wenn die Lichtverhältnisse nicht optimal sind; sie sind sehr lichtempfindlich. Mit den Stäbchen erkennen wir aber keine Farben, sondern nur Unterschiede in der Helligkeit (Weiß, Grautöne, Schwarz). In der Dämmerung, wenn es nicht ganz hell, aber auch noch nicht ganz dunkel ist, sind Zapfen und Stäbchen aktiv. In der Dämmerung können wir hellere Farben wie Weiß, Gelb und helles Grün noch gut erkennen, da diese Farben mehr Licht reflektieren. Deshalb ist es auch besser, abends helle Kleidung zu tragen. Dunklere Farben werden in der Dämmerung schlechter wahrgenommen und erscheinen weniger farbig. Rote Farbtöne sehen schneller grau aus, als blau-grüne Farbtöne.

Eine detailliertere Erklärung und weitere Infos findest Du in der **Infobox**.

Und hier ist ein gutes Video, das einfach erklärt wie unser Auge funktioniert:

[Das Auge - So sehen wir! - YouTube](#)

Anmerkung: Du musst als LehrerIn nicht alle Antworten und Erklärungen bereits kennen. Es geht in dieser Rubrik „Ideen für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule“ vielmehr darum den SchülerInnen die wissenschaftliche Methode (Frage - Hypothese - Experiment - Beobachtung/Fazit) näher zu bringen, damit sie lernen diese selbstständig anzuwenden. Ihr könnt die Antwort(en)/Erklärung(en) in einem weiteren Schritt gemeinsam in Büchern, im Internet oder durch Experten-Befragung erarbeiten.

Oft werfen das Experiment und die Beobachtung (Schritt 2 & 3) neue Fragen auf. Nimm Dir die Zeit auf diese Fragen einzugehen und Schritt 2 und 3 mit Hinblick auf die neugewonnenen Erkenntnisse und mit anderen Variablen zu wiederholen.

Hintergrundwissen

Die Farbwahrnehmung des Menschen ist von zwei unterschiedlichen Arten von Fotorezeptoren im Auge abhängig, den sogenannten Zapfen und Stäbchen. Bei ausreichender Helligkeit werden über drei verschiedene Zapfenarten unterschiedliche Farben gesehen (photopisches Sehen, Tagessehen oder Zapfensehen). Mit zunehmender Dunkelheit können die Lichtreize aber nicht mehr gut über die Zapfen wahrgenommen werden. Die Lichtreize werden dann vorwiegend von den Stäbchen verarbeitet (skotopisches Sehen, Nachtsehen oder Stäbchensehen). Die Stäbchen sind im Vergleich zu den Zapfen sehr lichtempfindlich. Die von ihnen aufgenommenen Reize werden nicht als Farben, sondern als relativ hell, bzw. als relativ dunkel interpretiert. Daher erscheinen farbige Gegenstände bei schwächer werdendem Licht weniger farbig und zunehmend grau.

Es gibt drei Arten von Zapfen, die sogenannten Blau-Zapfen, Grün-Zapfen und Rot-Zapfen. Die Bezeichnungen gehen auf den Beitrag der drei Zapfenarten für bestimmte Farbwahrnehmungen zurück. Verschiedene Farben werden von verschiedenen Wellenlängen des Lichts verursacht. Wellenlängen werden in nm (1 Nanometer = 10^{-9} Meter) gemessen. Für das menschliche Auge sind nur Wellenlängen zwischen 380-780nm sichtbar. Wellen mit einer Wellenlänge von 380-430nm werden vom menschlichen Auge als lila wahrgenommen, Wellen mit einer Wellenlänge von 640-780nm als rot. Dazwischen liegen Wellen in den Farben Blau, Grün, Gelb, und Orange.

Zapfen reagieren in einem bestimmten Wellenlängenbereich auf einfallendes Licht und besitzen einen Punkt, das sogenannte Absorptionsmaximum, an dem sie am empfindlichsten sind. Der Wellenlängenbereich, in dem die Blau-Zapfen aktiv sind, liegt zwischen 400-500nm, das Absorptionsmaximum liegt bei 420nm. Der Wellenlängenbereich, in dem die Grün-Zapfen aktiv sind, liegt zwischen 450-630nm, das Absorptionsmaximum liegt bei 530nm. Der Wellenlängenbereich, in dem die Rot-Zapfen aktiv sind, liegt zwischen 500-700nm, das Absorptionsmaximum liegt bei 563nm.

Die Wahrnehmung unterschiedlicher Farben beruht auf einer Mischung der verschieden starken Aktivierungen der drei Zapfenarten durch die Wellenlängen des einfallenden Lichts. Die Bereiche, in denen die verschiedenen Zapfenarten aktiv sind, überlappen. Die vom menschlichen Auge wahrgenommene Farbe hat nur bedingt etwas mit der Farbigkeit des Absorptionsmaximums einer Zapfenart zu tun. Die sogenannten Rot-

Zapfen beispielsweise sind bei 563nm am aktivsten. Diese Wellenlänge entspricht einem gelb-grünem Farbton. Dennoch tragen die Rot-Zapfen am meisten zu der Rotwahrnehmung bei, da ihr Wellenlängenbereich von allen Zapfenarten am weitesten im langwelligen (roten) Bereich liegt.

Stäbchen sind bei Lichtreizen mit einer Wellenlänge von 500nm am aktivsten. Anders als bei den Zapfen entsteht aber keine Farbwahrnehmung, da es keine unterschiedlichen Stäbchenarten gibt. Für das Farbsehen interpretiert das Gehirn die von unterschiedlichen Wellenlängen ausgelösten Reize von zwei oder drei Zapfen. Alle Stäbchen hingegen sind bei derselben Wellenlänge aktiv und liefern identische Reize. Diese Lichtreize werden als unterschiedliche Grautöne interpretiert.

Zwischen dem photopischen und dem skotopischen Sehen liegt das sogenannte mesotopische Sehen, das Sehen in der Dämmerung. Wahrscheinlich ist die Situation im Klassenraum eher mit der Dämmerung vergleichbar als mit fast vollständiger Dunkelheit, die vielleicht schwer herzustellen ist. Beim Dämmerungssehen sind die Zapfen schon weniger aktiv und die Stäbchen nehmen Reize auf. Auch Stäbchen reagieren in einem bestimmten Wellenlängenbereich auf einfallendes Licht und besitzen ein Absorptionsmaximum, an dem sie am empfindlichsten sind. Das Absorptionsmaximum der Stäbchen liegt bei 500nm, also in einem kürzeren Wellenlängenbereich als die Grün-Zapfen, aber in einem deutlich längeren Wellenbereich als die Blau-Zapfen. Durch die Reizverarbeitung von den Stäbchen im Dämmerlicht verändert sich die Wahrnehmung der Helligkeit von Farben: kurzwelliges Licht (Blau- und Grüntöne) werden als heller wahrgenommen, langwelliges Licht (Rottöne) werden als dunkler wahrgenommen. In der Dämmerung erscheinen Rottöne schon recht grau, während Blautöne und Grüntöne noch hell erscheinen. Wenn im Klassenraum gute Dämmerungsbedingungen herzustellen sind, kann es sein, dass die SchülerInnen ein rotes Blatt als dunkelgrau wahrgenommen haben, die Farbe eines blauen oder grünen Blattes aber noch recht gut erkennen konnten.

Manche Tiere können im Dunkeln sehr gut sehen, wie beispielsweise Katzen oder Eulen. Bei vollkommener Dunkelheit sehen allerdings auch Katzen und Eulen nichts. Ihr gutes Sehvermögen bei Restlicht liegt unter anderem an der Anzahl der Zäpfchen auf der Netzhaut: ein Waldkauz hat davon 56.000, beim Menschen sind es 38.000. Die Augen von Eulen sind im Vergleich zum Rest des Gesichtsfeldes sehr groß. Wie beim Menschen weiten sich auch bei Katzen und Eulen bei zunehmender Dunkelheit die Pupillen, um möglichst viel Lichtreize einzufangen. Bei viel Lichteinfall sind die Pupillen von Katzen nur schmale Schlitze, bei Dunkelheit sind die Pupillen weit geöffnet. Darüber hinaus haben Katzen und andere nachtaktive Tiere hinter der Netzhaut eine reflektierende Schicht, das sogenannte tapetum lucidum (lat. leuchtender Teppich). Diese Schicht reflektiert das einfallende Licht, so dass es ein zweites Mal auf die Netzhaut fällt und den Lichtreiz verstärkt. Die Schicht selbst hat häufig eine grünlich-blaue Farbe. Daher leuchten die Augen von Katzen auch, wenn sie nachts von einem Scheinwerfer angestrahlt werden. Aber auch tagsüber wirken die Augen von Katzen durch die Reflektion besonders klar und leuchtend.

Geckos besitzen ausschließlich Zapfen. Tagaktive Geckos haben daher ein gut ausgeprägtes Farbsehen. Aber auch nachtaktive Geckos wie der Helm Kopfgecko haben ausschließlich Zapfen. Diese haben sich aber so verändert, dass Helm Kopfgeckos auch

nachts damit sehen können. Sie sind länglicher als Zapfen und damit von der Form her den Stäbchen ähnlicher. Helmkopfgeckos können daher auch bei Dunkelheit sehr gut Farben erkennen.

<https://www.science.lu/de/nachtaktive-tiere/wie-koennen-tiere-im-dunkeln-sehen>

Autoren: Marianne Schummer (script), Olivier Rodesch (script), Insa Gülzow (scienceRelations)

Fotos: FNR

Redaktion: Michèle Weber (FNR)

Konzept: Jean-Paul Bertemes (FNR), Michelle Schaltz (FNR); Joseph Rodesch (FNR), Yves Lahur (script)

Quellen

<https://www.biotopia.net/de/10-german/297-sinn-sehen-optischetaeusungen>

<https://www.abc.net.au/science/articles/2005/12/12/1523473.htm>