

III. Additive Farbmischung

Wird der Unterricht in der Mittelstufe gehalten, so muss im Folgenden der Begriff „Wellenlängenbereich“ immer durch den Begriff „Farbbereich“ ersetzt werden, da in der Mittelstufe nur Geometrische Optik behandelt wird.

1. Versuch

Unter additiver Farbmischung versteht man die gleichzeitige Beleuchtung einer weißen Fläche mit Licht verschiedener Wellenlänge. Sie entsteht also dadurch, dass zwei Farben dem Auge gleichzeitig dargeboten werden.

Man lässt also „weißes“ Licht (weißes Glühlicht oder Sonnenlicht) zweier Glühlampe durch verschiedene Farbfilter fallen und beobachtet jeweils die Farbe des Lichtes, die im Überlappungsbereich auf dem Schirm/der Wand entsteht.

Man erzeugt Mischfarben, indem man mehrere Experimentierleuchten mit unterschiedlichen Farbfiltern verwendet.

1.1 Materialliste

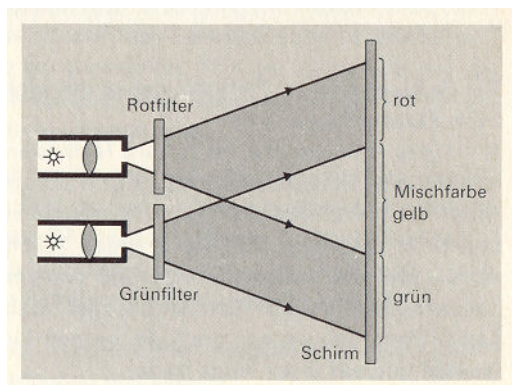
1. 3 Dreifuß „PASS“
2. 2 Experimentierleuchte 2, Halogen, 50W (oder: 2 Glühlampen 6V/30W)
3. 2 Blendenhalter für Experimentierleuchten
4. verschiedene Farbfilter aus Glas oder Kunststoff (Farbgläser)
5. 1 Schirm, transparent, 250mm x 250mm; besser: weiße Wand
6. 2 Elektrische Energieversorgung für Experimentierleuchte 12V/50W

1.2 Anordnung

- Die beiden Experimentierleuchten 2 (event. mit Einfachkondensor $f=100\text{mm}$) werden in den Dreifuß gehalten und so nebeneinander aufgestellt, dass ihre Lichtkegel auf den Schirm (in Dreifuß gehalten)/Wand fallen, dass sich die Lichtkreise teilweise überschneiden.
- Farbgläser liegen bereit.
- Als Experimentiertisch benützt man zweckmäßig einen fahrbaren Ansatz Tisch, mit dem man den Aufbau mühelos drehen kann.

1.3 Durchführung

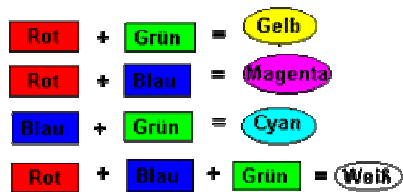
- Die Spannungsversorgung der Experimentierleuchten wird eingeschaltet und der Raum verdunkelt. Man beobachtet die beiden Lichtflecke auf dem Schirm/Wand.
- Man schiebt nun ein Farbglas (z.B. gelb) in den Blendenhalter der einen Leuchte.
- Danach schiebt man ein zweites Farbglas (z.B. rot) in den Blendenhalter der zweiten Leuchte.
- Helligkeiten etwa gleich einstellen!
- Man beobachtet die Änderung der Farben auf dem Schirm.



1.4 Ergebnis

Im Überdeckungsbereichen der Lichtkegel entsteht eine je nach Farbläser unterschiedliche, charakteristische Mischfarbe (hier: orange), die eine reine Spektralfarbe ist. Sie entsteht also dadurch, dass zwei Farben dem Auge gleichzeitig dargeboten werden. Die von den Farbfiltern durchgelassenen Lichtstrahlen überlagern sich auf dem Schirm/Wand und werden deshalb „addiert“, weshalb man von additiver Farbmischung spricht.

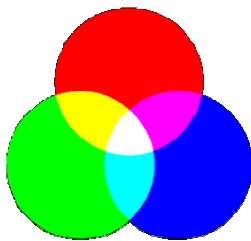
- Beispiel:
 - Entstehung der Farbe Magentarot aus Rot und Blauviolett
 - Entstehung der Farbe Weiß aus Gelb und Blauviolett



Farbmischungen bei der additiven Farbmischung

Weiteres:

- Das Ergebnis der Farbmischung ist abhängig von den Mengen und Intensitätsverhältnissen der „Farbanteile“ und davon wie die beleuchtete Fläche die Lichtart reflektiert (einen im Sonnenlicht geprüften, diffus reflektierenden matt weißen Schirm verwenden).
- Die Grundfarben der additiven Farbmischung sind Rot, Grün und Blauviolett. Diese Grundfarben sind die Grundfarben des RGB-Farbsystems: Rot, Grün, Blauviolett. Anmerkung: Es gibt auch andere Farbsysteme mit anderen Grundfarben!
- Die Farben der additiven Farbmischung können in einem Farbkreis angeordnet werden. Im Newtonschen 12-gliedrigen Farbkreis werden 11 Spektralfarben und die zwischen Rot und Violett liegende, im Spektrum nicht vorkommende Farbe Purpur eingetragen. Zwei Farben haben jeweils die dazwischen liegende Farbe als Mischfarbe. Gegenüberliegende Spektralfarben sind Komplementärfarben. Die Mischung zweier Komplementärfarben ergibt (nahezu) weiß.



Überlagerung der Grundfarben



Farbkreis nach Newton

- Farbsehen
Das Auge hat die Fähigkeit aus den drei Grundfarben jeden beliebigen Farbeindruck vermitteln zu können. Dazu dienen drei Arten farbmpfindlicher Zäpfchen in der Netzhaut, die jeweils auf eine der drei Grundfarben je nach deren Intensität verschieden stark ansprechen. Analog dem Dreifarbenversuch ergibt sich jeder beliebige Farbeindruck. Man spricht von der „Dreifarbentheorie des Sehens“.
- Technische Anwendungen der additiven Farbmischung:
Farbdruck, Farbfotografie und v.a. Farbfernsehen

2. Lernvoraussetzungen

- Schüler kennen den Begriff Spektralfarbe.
- Schüler wissen, dass sich weißes Licht in Spektralfarben zerlegen lässt, die ein kontinuierliches Spektrum bilden.
- Schüler wissen, was Komplementärfarben sind.
- Schüler wissen, was Absorption von Licht ist.
- Schüler kennen die Absorption von Flüssigkeiten und Feststoffen.
- Schüler wissen, was Farbfilter sind und wie sie bei Absorption wirken.
- Schüler haben ein Bewusstsein von Intensität (z.B. Hält man eine Glühbirne nah an die Haut, verbrennt man sich. Hält man sie weit weg, spürt man fast nichts von der Wärme.)

3. Lernziele des Versuchs

3.1 Grobziele

- Schüler sollen wissen, wie Farben durch paarweise additive Farbmischung entstehen.

3.2 Feinziele

- Schüler sollen eine Definition von additiver Farbmischung kennen.
- Schüler sollen erklären können, wie additive Farbmischung entsteht.
- Schüler sollen wissen, welches die Grundfarben bei der additiven Farbmischung sind.
- Schüler sollen den Begriff Mischfarbe kennen.
- Schüler sollen verstehen, was die Mischfarben sind wie sie durch additiven Farbmischung entstehen.
- Schüler sollen angeben können, welche Farben bei Mischung der Grundfarben gleicher Intensität entstehen.
- Schüler sollen wissen, dass bei Überlagerung der drei Grundfarben gleicher Intensität Weiß entsteht.
- Schüler sollen einen Versuch(saufbau) kennen, mittels dessen man additive Farbmischung vorführen kann.
- Schüler sollen wissen, was die „Dreifarbentheorie des Sehens“ besagt.
- Schüler sollen wissen, dass das Auge mittels drei Arten farbempfindlicher Zäpfchen in der Netzhaut, die jeweils auf eine der drei Grundfarben je nach deren Intensität verschieden stark ansprechen, beliebige Farbeindrücke vermitteln kann.

4. Bezug zu einem übergeordneten Unterrichtsthema

Die additive Farbmischung gehört thematisch zum Bereich „Farben von Licht“ oder in den Bereich „Spektrum“.

Da Farbsehen auch im Biologieunterricht eine Rolle spielt, sollte versucht werden, auf die additive Farbmischung fächerübergreifend einzugehen.

5. Experimentelle Alternativen

Anstatt nur jeweils zwei farbige Lichtkegel an der Wand zum Überlappen zu bringen, kann man auch drei verschiedene Lichtquellen zur Überlappung bringen. Dies erfolgt in den sog. Dreifarbenversuchen. Ein Beispiel ist die Mischung von Licht der drei Farben Blauviolett, Grün und Rot, wodurch weiß entsteht.

- Grün und Rot zu Gelb mischen
- Blauviolett (Komplementärfarbe von Gelb) dazu
- Es entsteht Weiß

Durch Veränderung der Helligkeitsanteile dieser drei Grundfarben kann man jeden beliebigen Farbton erhalten.

Eine weitere experimentelle Alternative wäre, andere Geräte als die Experimentierleuchte (s.o.) zu verwenden. Man kann bunte Glühbirnen verwenden oder Farbfolien vor Scheinwerfer oder Taschenlampen halten. Diese Materialien sind den Schülern auch aus dem Alltag bekannt.

6. Mögliche bzw. notwendige Modifikation bei Einsatz als Schülerexperiment.

Grundsätzlich kann dieser Versuch auch leicht von den Schülern selbst durchgeführt werden, da der Versuchsaufbau einfach und die benötigten Bauteile und Materialien vorhanden sind.

Man kann diesen Versuch von einem einzelnen Schüler oder einer Schülergruppe im Rahmen eines Referats über additive Farbmischung vorstellen und durchführen lassen. Man kann die Schüler auch im Rahmen eines Kurses „Schüler experimentieren“ selbst experimentieren lassen, wobei man ihnen die Aufgabe geben kann, verschiedene Mischfarben herzustellen. Ergebnisse sind zu notieren.

Dieser Versuch ist auch im Rahmen eines Lernzirkels einsetzbar. Dabei kann die additive Farbmischung neben der subtraktiven Farbmischung und der Absorption von Flüssigkeiten und Feststoffen eine Station des Zirkels sein, an der bestimmte Sachverhalte erkannt und erarbeitet werden sollen. Auch hier müssen die Ergebnisse im Heft oder auf dem Arbeitsblatt festgehalten werden.

7. Unterrichtsverfahren

Typ: Modifiziertes Normalverfahren

7.1 Sozialform

Unterrichtsgespräch mit Demonstrationsexperiment

7.2 Lehrformen und Lernformen

- Lehrformen
darbietend (Tafelschrift/Folie Overhead, Versuch demonstrieren), fragend entwickelnd
- Lernformen
vermittelndes Lernen, rezeptiv (aufnehmendes Lernen: Schüler beobachten die Durchführung des Versuchs); Kontrolle: Schüler äußern Vermutungen vor den jeweiligen Versuchen; bei Schüler- bzw. Gruppenexperiment oder Lernzirkel: selbst erarbeitend, Kontrolle: Lehrer vergleicht mit den Schülern deren Ergebnisse.

7.3 Motivationssituation oder Einstiegssituation

Der Versuch eignet sich selbst gut als Einstieg in eine neue Stunde, wobei allerdings nur eine Kombination von zwei Farbfiltern gezeigt wird, und nicht alle. Kennen die Schüler bereits die subtraktive Farbmischung, so kann man daran anknüpfen und ihnen mitteilen, dass es neben der Möglichkeit, Farben subtraktiv zu mischen, noch eine andere Möglichkeit der Mischung gibt. Wurde im Biologieunterricht das Farbsehen des Auges schon behandelt, so kann man die Schüler danach fragen, was sie noch davon wissen. Nennen sie die Grundfarben, so kann man die Frage aufwerfen, was denn nun richtig ist: die Grundfarben der subtraktiven Farbmischung oder die des Farbsehens des Auges. Die Schüler werden vermutlich leicht motiviert werden können, den unterschiedlichen Hintergrund ausfindig zu machen.

Eine weitere Möglichkeit, die Schüler zu motivieren, besteht darin, „farbige Schatten“ darzustellen. Verwendet man dazu bunte Glühbirnen oder hält verschiedene Farbfolien vor Taschenlampen, so wird dies besonders motivieren, da Glühbirnen und Taschenlampen Gegenstände aus dem Alltag der Schüler und die Schüler deshalb gut damit vertraut sind. Hier lässt sich auch leicht eine die Schüler ansprechende Problemfrage bzw. Hypothese formulieren:

7.4 herauszuarbeitende Problemfrage bzw. Hypothese, die zur Versuchsplanung führen

Warum gibt es verschiedenfarbige Schatten?

Eine oder mehrere Hypothesen sind hier nicht empfehlenswert, da es für die Schüler zu kompliziert ist, auf diese Hypothesen zu kommen.

8. Lernzielkontrolle

Bei Versuchsvorführung durch den Lehrer:

Zur Kontrolle folgender LZ:

- Schüler sollen erklären können, wie additive Farbmischung entsteht.
- Schüler sollen den Begriff Mischfarbe kennen.
- Schüler sollen verstehen, was die Mischfarben sind wie sie durch additiven Farbmischung entstehen.

Zunächst sollte man den Versuch an einem Beispiel vorführen und ausführlich erklären, damit die Schüler verstehen, wie eine additiv gemischte Farbe entsteht. Führt man anschließend weitere Versuche mit anderen Farbfiltern vor, so sollte man die Schüler jeweils fragen, welcher Farbfilter welche Farben absorbiert und welche durchlässt, und was sich dann als Mischfarbe bei Überlappung auf der Wand ergeben müsste. Die Erwartung der Schüler wird dann durch den Versuch überprüft. Von Vorteil ist auch ein Arbeitsblatt mit Lückentext, das gemeinsam ausgefüllt wird. Die Lücken werden von den Schülern am Overhead ausgefüllt. Der Vorteil ist, dass die Schüler sich aktiv beteiligen und der neue Stoff nicht nur mündlich wiederholt, sondern gleich schriftlich festgehalten wird. Die Schüler prägen sich den neuen Stoff besser ein und man spart Zeit.

Bei Lernzirkel:

Zur Kontrolle folgender LZ:

- Schüler sollen wissen, welche die Grundfarben bei der additiven Farbmischung sind.
- Schüler sollen den Begriff Mischfarbe kennen.
- Schüler sollen verstehen, was die Mischfarben sind wie sie durch additiven Farbmischung entstehen.
- Schüler sollen angeben können, welche Farben bei Mischung der Grundfarben gleicher Intensität entstehen.
- Schüler sollen wissen, dass bei Überlagerung der drei Grundfarben gleicher Intensität Weiß entsteht.
- Schüler sollen einen Versuch(saufbau) kennen, mittels dessen man additive Farbmischung vorführen kann.

Wird der Versuch im Rahmen eines Lernzirkels durchgeführt, so muss ein Arbeitsblatt erstellt werden, auf dem die Schüler festhalten können, bei welcher Mischung sich welche Farben ergeben. Im Lernzirkel sollen die Schüler nicht nur Farben additiv mittels verschiedener Farbfilter mischen, sondern auch, indem sie jeweils eine Küvette mit farbiger Flüssigkeit in den Strahlengang jeweils einer Experimentierlampe bringen (analog Farbfilter).

Hausaufgabe:

Zur Kontrolle folgender LZ:

- Schüler sollen wissen, welche die Grundfarben bei der additiven Farbmischung sind.
- Schüler sollen den Begriff Mischfarbe kennen.
- Schüler sollen verstehen, was die Mischfarben sind wie sie durch additiven Farbmischung entstehen.
- Schüler sollen angeben können, welche Farben bei Mischung der Grundfarben gleicher Intensität entstehen.
- Schüler sollen wissen, dass bei Überlagerung der drei Grundfarben gleicher Intensität Weiß entsteht.
- Schüler sollen einen Versuch(saufbau) kennen, mittels dessen man additive Farbmischung vorführen kann.

Die Hausaufgabe soll zur Wiederholung des Versuchsablaufs dienen und zur Vertiefung des Verständnisses beitragen. Die Schüler sollen additiv Farben mischen, indem sie (wenn nicht schon in der Motivationsphase) verschiedene Farbfilter vor Taschenlampen halten. Dazu kann man ihnen verschiedene Farbfilter vorgeben oder die Schüler dürfen selbst wählen, welche Farben sie überlagern wollen. Die Ergebnisse der verschiedenen Kombinationen müssen aber immer notiert werden. Die Hausaufgabe mit Anweisung, welche Farben überlagert werden sollen, findet sich auf dem Arbeitsblatt.

Hausaufgabe:

Zur Kontrolle folgender LZ:

- Schüler sollen wissen, welche die Grundfarben bei der additiven Farbmischung sind.
- Schüler sollen den Begriff Mischfarbe kennen.
- Schüler sollen verstehen, was die Mischfarben sind wie sie durch additiven Farbmischung entstehen.
- Schüler sollen angeben können, welche Farben bei Mischung der Grundfarben gleicher Intensität entstehen.
- Schüler sollen wissen, dass bei Überlagerung der drei Grundfarben gleicher Intensität Weiß entsteht.

Haben die Schüler Computer und Internetzugang, so kann die Hausaufgabe auch darin bestehen, im Internet Applets zu verwenden, mit bzw. in denen sie Farben additiv mischen können. Falls nicht jeder Schüler Internetzugang hat, kann sie der Lehrer auch downloaden und verteilen.

9. Sicherung der Lernziele

siehe Arbeitsblatt und I. Lichtabsorption, Punkt I.9