

Farben und Licht

Praktikum am 24.01.2001

Von: Feischl Ursula

Mtr.: 9855029

Inhaltsangabe

<i>Inhaltsangabe</i>	1
<i>Allgemeines</i>	2
<i>Lernziele</i>	2
<u>1.Historische Entwicklung des Farbkonzepts</u>	
Die Farben der Antike	3
Die Farben des Mittelalters	4
Isaac Newton	4
Helmholtz: Farbmischung	5
<u>2. Die Farben des Himmels</u>	
Warum ist der Himmel blau?	6
Warum ist der Himmel in Horizontnähe heller?	6
Wie entstehen Morgen und Abendrot?	6
Purpurlicht?	7
<u>3.Didaktische Aufbereitung</u>	
Spektralfarben	8
Komplementärfarben	8
Körperfarben	9
Farbmischung	10
<u>4.Versuche</u>	
1. Versuch: „Additive und Subtraktive Farbmischung“	11,12
Subtraktive Farbmischung	13,14
Additive Farbmischung	15,16
2.Versuch: „3d-Sehen“	17

Allgemeines:

Seinen Platz hat das Thema Licht und Farben in der 4.Klasse Unterstufe; In der Oberstufe findet man beim Thema Optik kaum etwas von den Farben, als dass sie von der Wellenlänge des Lichts abhängen.

Leider blieb mir aufgrund der knappen Zeit nicht viel mehr übrig als einen kurzen Abriss über das Thema zu geben und die für mich wesentlichsten Experimente durchzuführen.

Gleich anschließend findet man einige Kapitel, die zwar nicht wirklich zur didaktischen Aufbereitung des Stoffes gehören, für einen Lehrer aber dennoch interessant sein könnten:

Lernziele für die 4.Klasse Unterstufe:

Folgendes sollte behandelt und verstanden werden:

- ❖ Das weiße Licht läßt sich in Spektralfarben aufspalten. Die Vereinigung der Spektralfarben ergibt weißes Licht.
- ❖ Wird ein Anteil des sichtbaren Lichts ausgeblendet, dann erhält man eine subtraktiv gemischte Farbe.
- ❖ Führt man mehrere Farben zusammen, so erhält man eine additiv gemischte Farben
- ❖ Undurchsichtige Körper erscheinen farbig, wenn einzelne Farben vom Körper absorbiert werden. der Körper erscheint in der Farbe, die er reflektiert.

1. Historische Entwicklung des Farbkonzepts:

❖ Die Farben in der Antike:

Licht und Farbe, diese beiden Begriffe hängen seit den Anfängen zusammen.

Entstehen Farben erst durch Licht? Da sie erst bei Tagesanbruch in Erscheinung treten und mit der Abenddämmerung wieder verschwinden, liegt die Vermutung nahe, Farben auf einer Helligkeitsskala zwischen Weiß und Schwarz anzusiedeln. So dachten jedenfalls die Gelehrten der Antike.

Indem sie *Licht als Wechsel zwischen Helligkeit und Dunkelheit* beschrieben, schufen sie die Grundlage für eine jahrhundertlang fortwirkende Unterordnung der Farbe unter das Licht.

Schon in der Lehre des griechischen Philosophen **Aristoteles** (384-322 vor Christus), die bis zur Renaissance maßgeblich bleiben sollte, wurde die Farbe dem Licht nachgestellt.

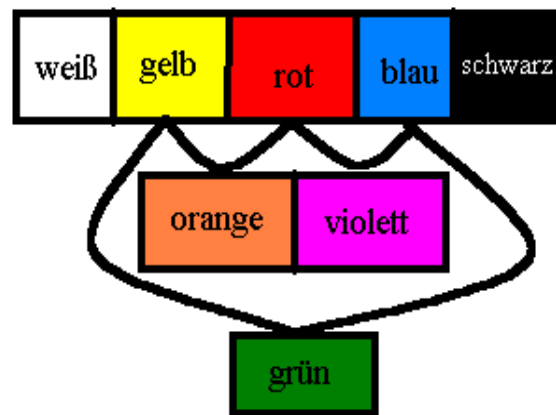
Aristoteles setzt Helligkeit und Dunkelheit von Luft dem Weiß und Schwarz von Körpern gleich, wobei er die alte, bereits von Empedokles vertretene Vorstellung aufgriff, dass Weiß und Schwarz Farben seien. Diese beiden markierten im Aristotelischen System die beiden äußersten Pole auf der Farbskala und bildeten die Grundlage für alle anderen Farben, die erst durch unterschiedliche Mischungsverhältnisse von Schwarz und Weiß entstünden.

Das lange gültige Aristotelische Farbsystem hatte zahlreiche Konsequenzen.

Der wohl wichtigste Aspekt war die Klassifizierung der Farben nach einer von Weiß bis Schwarz reichenden Helligkeitsskala, auf der Gelb als die hellste Farbe nach Weiß eingestuft wurde, während Blau als die neben Schwarz dunkelste Farbe galt.

Die Farben wurde unter dem Gesichtspunkt eines selbst farblosen Kriteriums, der Helligkeit, klassifiziert.

Der Ton, das Rot, das Grün, das Gelb,.. galt nicht als eigenständiges Charakteristikum, sondern nur als Folge der Helligkeit.



In seinen Ausläufern überdauerte dieses Modell die Antike um Jahrhunderte. Es hat sogar die *Farbnamen* selbst beeinflusst: Semantische Untersuchungen zeigen, dass die entsprechenden Begriffe in den indoeuropäischen Sprachen ursprünglich auf Helligkeitsbeziehungen zurückgehen und sich erst später zur Bezeichnung bestimmter Farbtöne entwickelten. So leitet sich das englische „**yellow**“ (gelb) von einem indoeuropäischen Wort für „leuchten“ oder „glänzen“ ab.

Erst im Laufe der Zeit wurde dem Begriff immer mehr die Bedeutung des Farbtönenes Gelb zuteil, bis er schließlich den Aspekt der Helligkeit (beispielsweise der Sonne) oder des Glanzes (etwa von Gold) völlig ersetzte.

❖ Die Farben des Mittelalters:

Auch in der mittelalterlichen Terminologie dominierte der Helligkeitsaspekt. Das aristotelische Konzept blieb im Wesentlichen unangetastet, wurde jedoch durch die im Mittelalter aufkommende theologische Reflexion über das Wesen des Lichts kompliziert.

Jetzt wurde nämlich zwischen „lux“ und „lumen“ unterschieden. Während ersteres die Lichtquelle oder das eigentlich leuchtende Wesen, nämlich Gott bezeichnete, trug Letzteres eine eher materielle Bedeutung und bezog sich auf die Substanz, die die Wahrnehmung von Licht oder Farbe überhaupt erst ermöglicht.

Da Farbe als eine der Oberfläche von Gegenständen zugehörige Eigenschaft galt, wurde sie stärker dem „lumen“ zugeordnet.

Nach wie vor galt die Helligkeit als Ursache des Sichtbarwerdens der Farben

❖ Isaac Newton

Erst mit Isaac Newton (1642-1727) wandelte sich das Verständnis von Farbe und Licht grundlegend.

Experimente mit Prismen die zeigten, dass Licht unterschiedlicher Farben unterschiedlich stark gebrochen wird waren schon durchgeführt worden. Doch noch immer postulierten die Theorien, das Licht sei weiß und rein;

das warf die Frage auf, wie es sich so verändern könne, dass daraus die Farben entstehen.

Noch Descartes dachte, die Farben würden durch die lichtbrechende Oberfläche „erzeugt“.

Erst Newton kam auf den Gedanken, dass das Licht nicht homogen ist, sondern zusammengesetzt aus „farbigen Strahlen“ mit unterschiedlichen Brechungswinkel.
--

Da nun jede Farbe durch ihr „Brechungsvermögen“ charakterisiert war, konnte sie fortan auch quantifiziert werden. Man konnte sie jetzt durch Aussagen über den Farbton beschreiben, ohne diesen in Abhängigkeit von der Helligkeit betrachten zu müssen.

So haben z.B.: Gelb und Grün ähnliche Brechungswinkel, unterscheiden sich in Bezug auf ihre Helligkeiten jedoch erheblich voneinander. Newton bewirkte ein erkenntnistheoretisches Umdenken zugunsten des Farbtons und auf Kosten der Helligkeit.

Newtons Zeitgenossen hatten die radikale Veränderung des Lichts übrigens nicht ohne Widerspruch akzeptiert.

Der prominenteste Gegner Newtons war **Johann Wolfgang von Goethe** (1749 – 1835). Seine „Farblehre“ erneuert im Grunde das Aristotelische Prinzip, sprach aber auch davon, dass bestimmte Farben ohne Licht entstehen könnten.

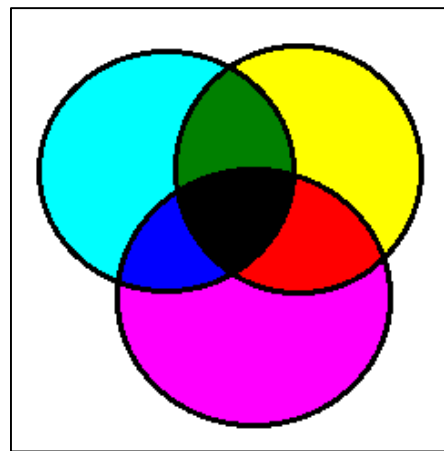
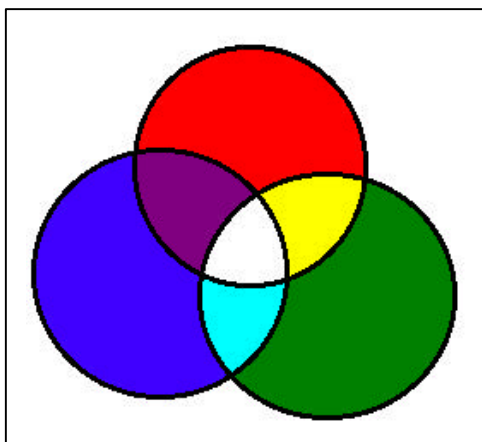
Auf der anderen Seite führte die Newtonsche Theorie zu einer wahrhaften Schwärmerei für das Sonnenlicht als Ursprung aller Farben – eine Euphorie, die in der Kunst des späten 19.Jh ihren Höhepunkt im Impressionismus fand.

❖ Helmholtz: Farbmischung

Für die Theorie der Farbmischung waren die neuen Erkenntnisse höchst bedeutsam. Denn seitdem das Weiß als Ergebnis der Mischung mehrerer Farben betrachtet werden musste, interessierte man sich natürlich brennend für die Regeln dieser Mischung.

Die Begeisterung für das Licht als Ursprung der Farben hatte allerdings auch unliebsame Folgen. Unter anderem glaubte man, die Regeln für die Mischung der farbigen Lichtstrahlen müßte in gleicher Weise für die Mischung von Pigmenten gelten – was aber nicht zutrifft.

Der deutsche Physiker **Hermann von Helmholtz** (1821 – 1894) traf eine klare Unterscheidung zwischen den „*additiven*“ *Mischungsregeln* für Lichtstrahlen und den „*subtraktive*“ für Pigment.



Wird Licht unterschiedlicher Farben (hier Rot, Grün und Blau) auf eine Leinwand projiziert, ergeben sich aus je zwei Grundfarben die Farben Gelb, Cyan und Magenta (links). Wo sich alle drei Farben überlagern, entsteht Weiß.

Diese Farbmischung nennt man additiv, da jede Farbe ihre eigenen Farbvalenzen beisteuert.

Schaltet man hingegen drei transparente Filter, eingefärbt in den drei „Primärfarben“ der Künstler und Drucker – Gelb, Magenta und Cyan – hintereinander (rechts) so erhält man dort, wo sich das Licht zweier Filter überlagert, eine der drei „Sekundärfarben“ Rot, Grün und Blau. Im Überlappungsbereich aller drei Filter entsteht theoretisch Schwarz, praktisch Grau.

Diese Mischung von farbigen Substanzen – Pigmente oder Farbfiltern – nennt man subtraktiv, weil jede Farbe wie ein Filter wirkt.

2. Die Farben des Himmels

Warum ist der Himmel blau?

Selbst aus dem Weltraum betrachtet zeichnet die Farbe Blau die Lufthülle der Erde aus. Daß das nicht bei allen Planeten so ist, zeigt der rötlich gefärbte Mars. Warum ist das so?

Das Blau entsteht in der Erdatmosphäre durch Lichtstreuung der Lichtwellen von der Sonne an den Gasteilchen, hauptsächlich also an Stickstoff und Sauerstoffmolekülen. Das Gestreute Licht hat nun eine andere Richtung als das einfallende Licht.

Vor etwa 130 Jahren entwickelte der englische Physiker die physikalischen Grundlagen für die nach ihm benannte Rayleigh-Streuung. Er erkannte, daß kurzwelliges blaues Licht stärker gestreut wird als langwelliges rotes.

Das in die Atmosphäre einfallende Sonnenlicht ist ein Gemisch aus allen Farben. Da das Blau aber stärker als Grün, Gelb und Rot gestreut und somit verteilt wird, erscheint der Himmel blau.

Warum ist das Blau des Himmels in Horizontnähe heller?

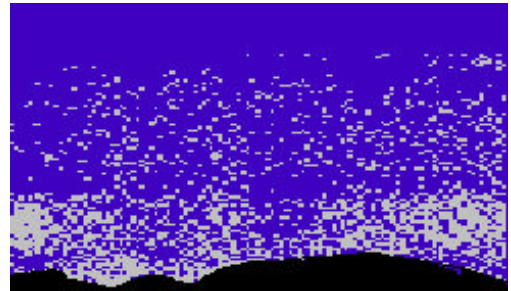
Die Rayleigh-Streuung gilt strenggenommen nur für Teilchen, die sehr klein gegenüber der Lichtwellenlänge sind. In der Atmosphäre gibt es aber auch größere Partikel, die Aerosole.

Darunter versteht man Staubteilchen, Rauch, sehr kleine Tröpfchen oder Kristalle, aber auch Pollen und Bakterien, die immer in der Luft schweben, auch wenn diese sehr rein ist. Diese sind in ihrer Dimension der Lichtwellenlänge vergleichbar, meist sogar viel größer.

Die Streuung an diesen Teilchen ist nahezu unabhängig von der Wellenlänge. An Aerosolen gestreutes Licht bleibt also weiß. Es überlagert sich dem Blau der Rayleigh-Streuung und hellt es auf.

Weil die Aerosolkonzentration in bodennahen Schichten größer ist als in der Höhe, findet man dieses weißliche Blau besonders in Horizontnähe.

Nach Regenschauern läßt sich ein klareres Blau beobachten, wie viele Aerosole aus der Luft ausgewaschen wurden.



Wie entstehen Morgen und Abendrot?

Wenn die Sonne dicht am Horizont oder darunter steht färbt sich der Himmel häufig gelb, rot oder sogar purpurn. Warum geschieht das?

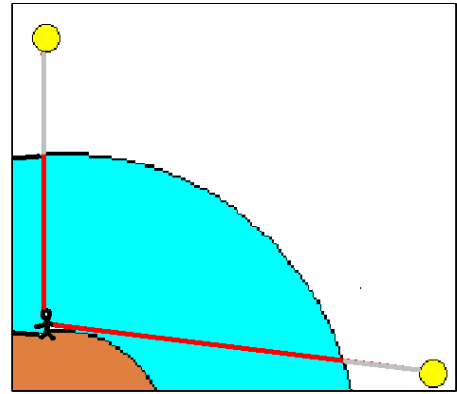
Steht die Sonne nahe dem Horizont, muss das Licht einen weiten Weg durch Atmosphärenschichten mit hoher Luftdichte bis zu unserem Auge zurücklegen. Die durchquerte Luftmasse ist in diesem Fall mehr als 30 mal größer als im Fall der hoch stehenden Sonne.

Dementsprechend wird das Blau des Sonnenlichts - weil es so stark gestreut wird – in der Durchsicht „herausgefiltert“ und die tief stehende Sonne erscheint somit gelb bis rötlich.

Aerosole streuen das nun überwiegend rote Licht (das an ihnen gestreute rote Licht bleibt rot!), so daß sich der Himmel in der Sonnenumgebung ebenfalls rötlich färbt.

Kleine Wassertröpfchen von ab oder heranziehenden Wolken können diese Wirkung haben, weshalb Abend- und Morgenrot früher als Wetterboten gedeutet wurden.

Heutzutage stammen die Aerosole aber meist aus Industrie und Verkehrsabgasen.



Purpurlicht

Etwa 15 bis 30 min nach Sonnenuntergang erscheint im Westen gelegentlich das Purpurlicht, mit sanften Rosa bis purpurnen Farbtönen.

Hier handelt es sich wieder um an Aerosolen gestreutes rotes Sonnenlicht, allerdings schweben die verursachenden Partikel in größerer Höhe.

Die bereits untergegangene Sonne bestrahlt nämlich Schichten oberhalb von zehn Kilometern, dort gibt es kleine Aerosole von 100 bis 1000 Nanometern Durchmesser, die für das Purpurlicht verantwortlich sind.

Es variiert von Tag zu Tag und kann vollkommen fehlen, je nach Luftdruck und Windeverhältnissen in der Stratosphäre.

3. Didaktische Aufbereitung:

❖ Spektralfarben:

Weißes Licht kann man durch ein Glasprisma in folgende Farbenreihe zerlegen:

Rot – orange – gelb – grün – blau – violett

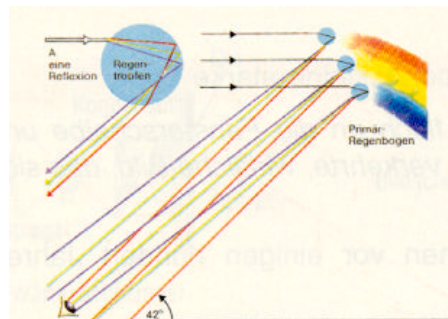
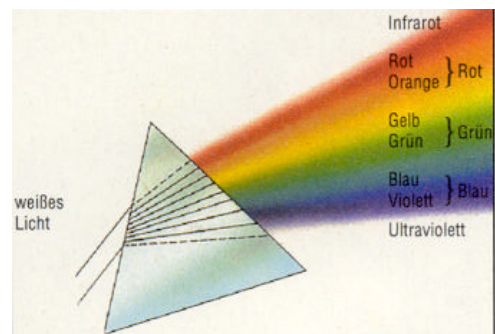
Diese Farben nennt man *Spektralfarben*.

Betrachtet man das entstehende Farbenband, das Spektrum, genauer, so erkennt man, dass die Spektralfarben stufenlos mit Zwischentönen ineinander übergehen.

Die einzelnen Spektralfarben lassen sich nicht mehr weiter zerlegen, wohl aber wieder (z.B.: mit einer Sammellinse) zu weißem Licht vereinigen.

Auch der Regenbogen entsteht durch Farbzerstreuung, die Regentropfen wirken dabei wie Prismen.

Die Regenbogenfarbe geschliffener Glaskörper und das „Feuer“ eines Brillanten sind ebenfalls Spektralfarben.



❖ Komplementärfarben :

Hält man in den Strahlengang eines Spektrums einen Kartonstreifen so hinein, dass eine Spektralfarbe abgehalten wird und vereinigt man das restliche Licht auf einen Fleck, so erscheint die Mischfarbe des Restes. Die Farbe des abgehaltenen Lichts und die Mischfarbe des Restes ergeben zusammen wieder „Weiß“.

Farbpaare die zusammen weißes Licht ergeben, bezeichnet man als Komplementärfarben oder Ergänzungsfarben.

Die wichtigsten Komplementärfarben sind:

Blau – Gelb

Grün – Purpur

Rot – Blaugrün.

Schon im vorigen Jahrhundert wurde nachgewiesen, dass alle Farbeindrücke im Auge durch nur drei Farben, nämlich Blau, Grün und Rot entstehen können.

Diese Farben werden deshalb als Grundfarben bezeichnet.

Das Farbfernsehgerät kommt daher mit diesen drei Farben aus, um für unser Auge alle Farben zeigen zu können.

❖ Körperfarben

Körper erscheinen uns in weißem Licht in bestimmten Farben. Die Wiese ist z.B.: grün.

Das liegt daran, dass die Grashalme nur das grüne Licht reflektieren und alle anderen Farben „verschlucken“ (Absorbieren).

Jeder Körper erscheint also in den Komplementärfarben des von ihm absorbierten Lichtes

Werden Körper mit einfarbigem Licht beleuchtet kann es geschehen, dass der Körper schwarz erscheint, wenn genau diese Farbe nicht reflektiert werden kann.

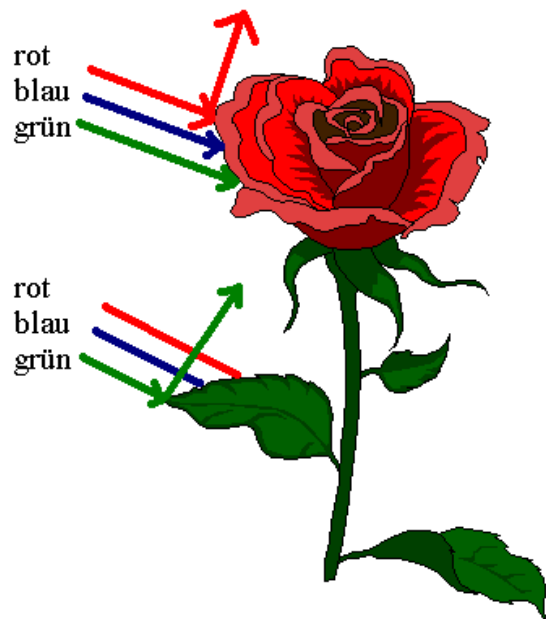
Ein Beispiel:

Die Blätter einer Rose absorbieren alle Farben außer grün.

Das grüne Licht wird reflektiert, also erscheinen ihre Blätter grün.

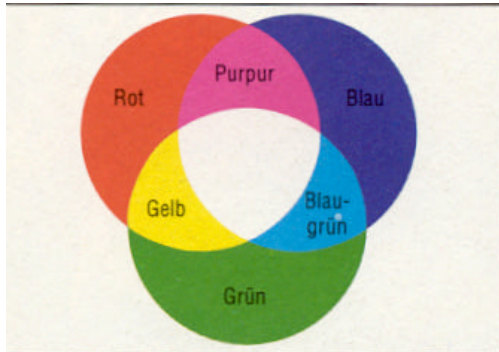
Die Blütenblätter sind wieder aus einem anderen Material.

Dieses absorbiert die Farben blau und grün. Die Rosenblüte erscheint in der reflektierten Farbe rot.



Es gibt zwei Arten der Farbmischung:

❖ Additive Farbmischung: Mischung von farbigem Licht



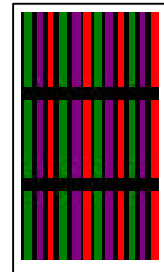
Projeziert man kreisförmige Lichtflecken in den Farben Blau, Grün und Rot mit drei Projektoren so an eine weiße Wand, dass sie einander teilweise überschneiden, so entsteht in den Mischbereichen Gelb, Purpur und Blaugrün.

Das Zentrum ist weiß.

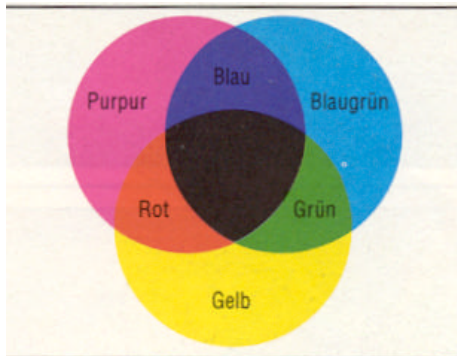
Mit diesem Prinzip arbeitet auch das *Farbfernsehen*. Hält man eine Lupe zur Bildröhre eines Farbferrsehers, so wird man stets nur blaue, grüne und rote Punkte oder Streifen sehen.

Ist die Lichtstärke aller drei farbigen Lichter gleich, so sehen wir in einigem Abstand Weiß oder verschiedene Grautöne.

Ein Nebeneinander der drei Grundfarben vermittelt dem Auge ebenfalls alle Farben.



❖ Subtraktive Farbmischung:



Durchsichtige farbige Körper wirken wie Farbfilter. Sie lassen nur die eigene Farbe durch, nicht aber die Komplementärfarbe. Ein blauer Filter sperrt Gelblicht, ein grünes sperrt Purpurlicht, ein rotes sperrt Blaugrünlicht.

Das bedeutet, das bedeutet, dass bereits zwei der drei Filter in den Grundfarben alles Licht sperren. Das Ergebnis ist „kein Licht“ – Schwarz.

Wenn man die Filter in den Farben Gelb, Purpur und Blaugrün wählt, bekommt man ein sinnvolles Ergebnis.

Die subtraktive Farbmischung findet zum Beispiel bei den Wasserfarben statt, da die von uns verwendeten Farben ebenfalls nur das Licht in dessen Farbe sie erscheinen reflektieren und alles andere absorbieren.

4. Versuche

Versuch 1: „Additive und Subtraktive Farbmischung“

Ziel: Aufzeigen der Unterschiede der beiden Mischungen
Einprägsames Darstellen der verschiedenen Mischungen
Erklärung der entstehenden Farbphänomene

Material und Aufbau:

siehe nächste Seite

zusätzlich benötigtes Material:

farbloses Seidenpapier (Transparentpapier)
festes Papier und Schere

a. Subtraktive Farbmischung

Versuchsdurchführung:

Ein kreisförmiges wird ausgeschnitten und z.B.: an einem dünnen Draht oder einem Faden Stück Papier befestigt.

In ca. 5 m Entfernung betrachtet man die Abbildungen des Schattens dieses Kreises durch ein Transparentpapier. Der Kreis befindet sich also zwischen der Lampenanordnung und dem Transparentpapier, das man von hinten betrachtet.

b. Additive Farbmischung

Versuchsdurchführung:

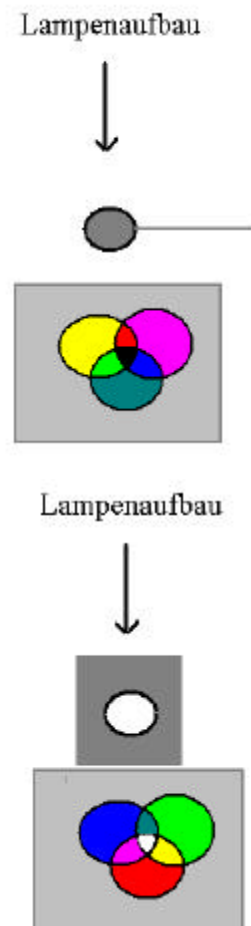
Ein kreisförmiges Loch wird aus dem festen Papier ausgeschnitten.

In wieder ca. 5 m Entfernung wird nun das durch dieses Loch durchgelassene Licht auf dem Transparentpapier betrachtet.

Genauere Beschreibung der Ergebnisse und deren Erklärung folgt auf den nächsten Seiten.

Bemerkung:

- ❖ Bevor die Ergebnisse der einzelnen Farbüberlagerungen präsentiert werden ist es durchaus möglich zuerst die Schüler „raten“ zu lassen, welche Farbkombinationen wohl jetzt entstehen.
- ❖ Besonders vorteilhaft finde ich diesen Versuch auch deshalb, weil das benötigte Material leicht zu beschaffen ist.

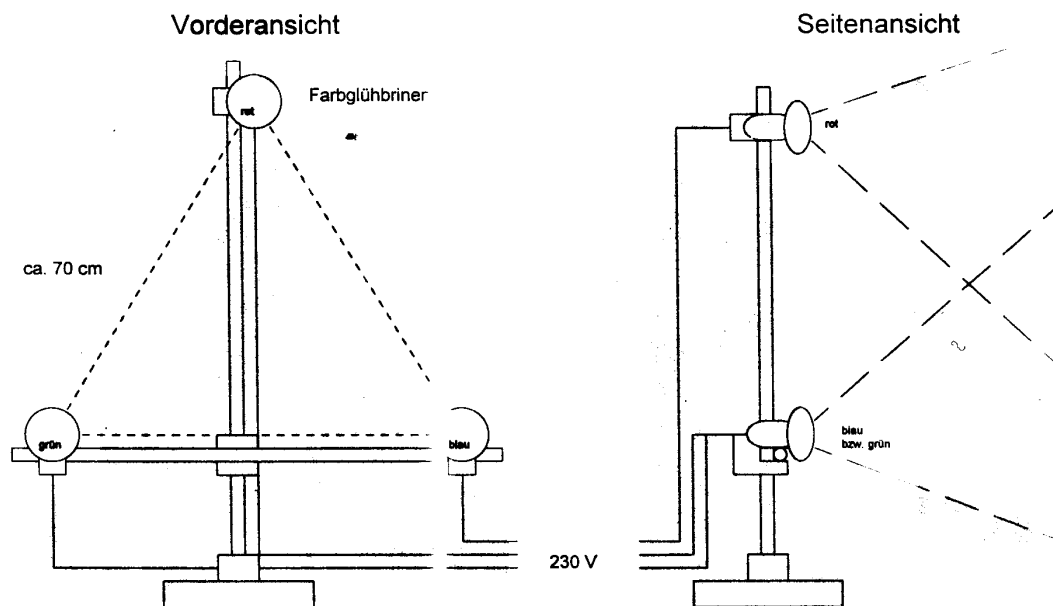


Zum Versuch 1: „Additive und Subtraktive Farbmischung“

VERSUCHSAUFBAU

Dieser Versuch dient zur Demonstration von additiver und subtraktiver Farbmischung mittels auf einem Stativ befestigter Glühbirnen in den drei Grundfarben Rot, Grün und Blau.

Die Fassungen der Glühbirnen werden so an dem Stativstangen befestigt, daß sie die Eckpunkte eines gleichseitigen Dreiecks mit einer Seitenlänge von ca. 70 cm bilden. Die Lampen werden nicht parallel ausgerichtet, sondern etwas zueinander gerichtet. Über einen Schalter kann jede Lampe einzeln ein- und ausgeschaltet werden.



BENÖTIGTE MATERIALIEN

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1 Stativstange (ca. 130 cm) | 1 Glühbirne (rot, 40 W) |
| 1 Stativstange (ca. 90 cm) | 1 Glühbirne (grün, 40 W) |
| 1 Stativfuß (groß) | 1 Glühbirne (blau, 40 W) |
| 2 drehbare Verbindungsklemmen | 1 DinA4 Blatt Transparentpapier |
| 2 fixe Verbindungsklemmen | 1 DinA4 Karton mit Loch |
| 3 Schraubfassungen mit Schalter | 1 Zündholzschachtel (undurchsichtiger Körper) |

I. SUBTRAKTIVE FARBMISCHUNG

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

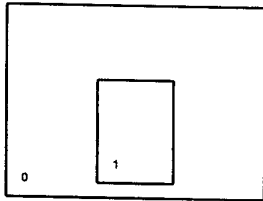
Die Versuchsanordnung wird wie oben beschrieben aufgebaut. In ca. 5 m Entfernung vom Versuchsaufbau betrachtet man die Abbildung des Schattens einer Zündholzschachtel durch ein Transparentpapier. Die Zündholzschachtel befindet sich also zwischen der Lampenanordnung und dem Transparentpapier, das man von hinten betrachtet.

Es werden der Reihe nach alle möglichen Farbkombinationen der Lampen eingeschalten und die Farben der einzelnen auf dem Transparentpapier abgegrenzten Bereiche bestimmt.

BEOBACHTUNG

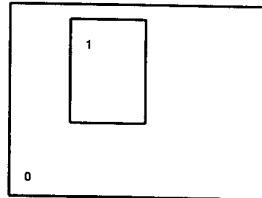
Je nach Wahl der Farbkombination der Lampen erscheinen verschiedenviele und -färbige Schatten, die sich überlappen.

Rot



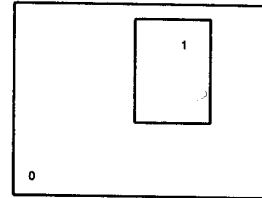
0 ... rot
1 ... schwarz

Blau



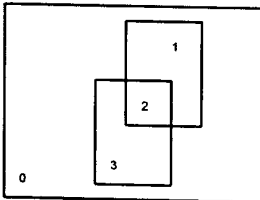
0 ... blau
1 ... schwarz

Grün



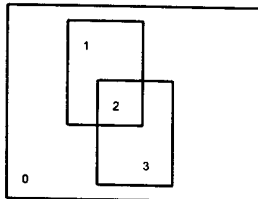
0 ... grün
1 ... schwarz

Rot + Grün



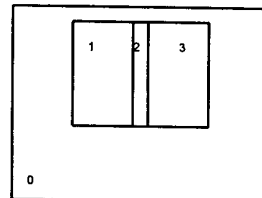
0 ... rotgrün
1 ... rot
2 ... schwarz
3 ... grün

Rot + Blau



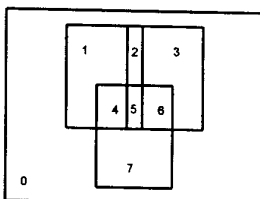
0 ... violett
1 ... rot
2 ... schwarz
3 ... blau

Blau + Grün



0 ... türkis
1 ... grün
2 ... schwarz
3 ... blau

Rot + Grün + Blau



0 ... weiß
1 ... orange
2 ... rot

3 ... violett
4 ... grün
5 ... schwarz

6 ... blau
7 ... türkis

ERKLÄRUNG

Ist nur eine Lampe eingeschaltet, so ergibt sich nur ein Schatten, der schwarz erscheint. Der Rest ist entsprechend der Lampenfarbe. Der Schatten stellt jenen Bereich dar, der von der betreffenden Lampe nicht ausgeleuchtet wird.

Sind zwei Lampen eingeschaltet, dann ergeben sich zwei farbige Umriss der Zündholzschachtel, die sich je nach Abstand zwischen Transparentpapier und Zündholzschachtel überlappen können. Der Schatten im Überlappungsbereich ist schwarz, da dieser Bereich weder von der einen Lichtquelle noch von der anderen ausgeleuchtet wird.

Den Schatten, den die z.B. rote Lampe wirft erscheint jetzt in der Farbe der zweiten Lampe (z.B. grün). Dies ist daraus zu erklären, da dieser Bereich zwar von der roten Lampe nicht ausgeleuchtet wird, jedoch von der grünen Lampe, die die Zündholzschachtel von einer anderen Position aus beleuchtet.

Sind alle drei Lampen eingeschaltet, so ergeben sich drei Umriss, die sich überlappen. Es ergeben sich insgesamt 7 verschieden gefärbte Bereiche. Der Bereich, der von allen drei Lampen ausgeleuchtet wird, erscheint weiß, da sich die drei Grundfarben zusammen zu weiß vereinigen.

In den Bereichen, die von einer oder mehreren Lampen nicht ausgeleuchtet werden, ergibt sie die Farbe aus subtraktiver Farbmischung, also durch Ausfilterung eben dieser einen oder mehreren Grundfarben.

Der Überlappungsbereich aller Umriss bleibt nach wie vor schwarz.

II. ADDITIVE FARBMISCHUNG

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

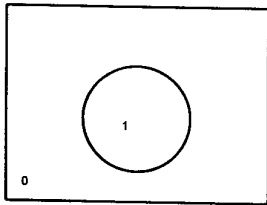
Die Versuchsanordnung wird wie oben beschrieben aufgebaut. In ca. 5 m Entfernung vom Versuchsaufbau betrachtet man die Abbildung eines kreisförmigen Loch in einem Karton durch ein Transparentpapier. Der Karton befindet sich also zwischen der Lampenanordnung und dem Transparentpapier, das man von hinten betrachtet.

Es werden der Reihe alle möglichen Farbkombinationen der Lampen eingeschaltet und die Farben der einzelnen auf dem Transparentpapier abgegrenzten Bereiche bestimmt.

BEOBACHTUNG

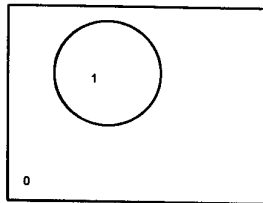
Je nach Wahl der Farbkombination der Lampen erscheinen verschiedenviele und -färbige Kreise, die sich überlappen.

Rot



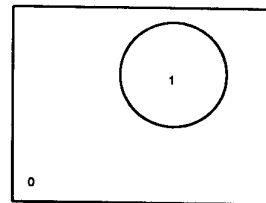
0 ... schwarz
1 ... rot

Blau



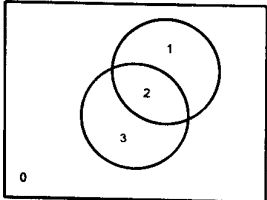
0 ... schwarz
1 ... blau

Grün



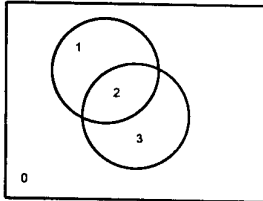
0 ... schwarz
1 ... grün

Rot + Grün



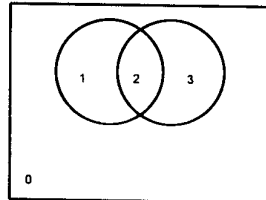
0 ... schwarz
1 ... grün
2 ... gelb
3 ... rot

Rot + Blau



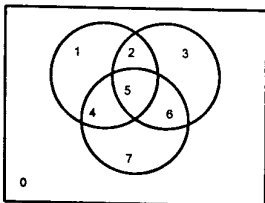
0 ... schwarz
1 ... blau
2 ... violett
3 ... blau

Blau + Grün



0 ... schwarz
1 ... blau
2 ... türkis
3 ... grün

Rot + Blau + Grün



0 ... schwarz
1 ... blau
2 ... türkis

3 ... blau
4 ... violett
5 ... weiß

6 ... gelb
7 ... rot

ERKLÄRUNG

Ist nur eine Lampe eingeschalten, so ergibt sich nur ein Umriss der Kreisscheibe im Karton, der in der jeweiligen Farbe erscheint. Der Rest wird von der Lampe nicht ausgeleuchtet und bleibt schwarz.

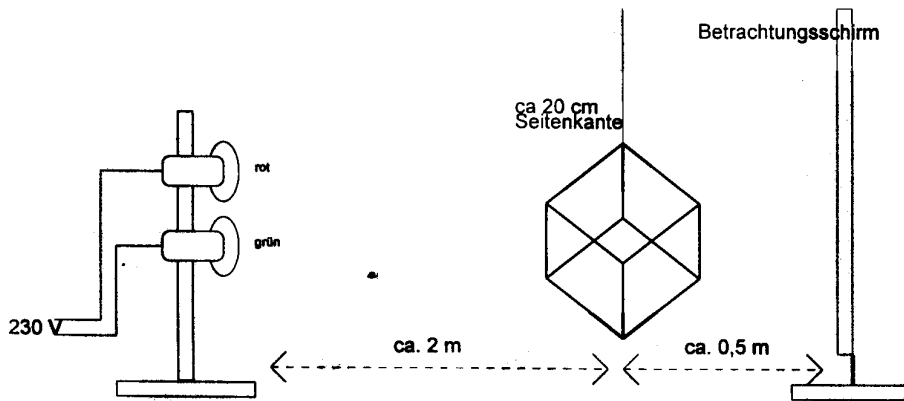
Sind zwei Lampen eingeschalten, dann werden auf dem Transparentpapier zwei Kreisscheiben und ihr Überlappungsgebiet sichtbar. Außerhalb des Überlappungsgebietes erscheinen die beiden Grundfarben. Die Farbe des Überlappungsbereichs, entsteht durch additive Farbmischung, also aus der Überlagerung der beiden Farben. Der Rest bleibt schwarz, da er nicht ausgeleuchtet wird.

Werden alle drei Lampen eingeschalten, so ergeben sich drei überlappende Kreisscheiben. Insgesamt ergeben sich 7 unterschiedlich gefärbte Bereiche. Jener Bereich der von keiner der drei Lampen ausgeleuchtet wird erscheint schwarz. Die anderen Teilbereiche ergeben sich durch additive Farbmischung. Im Überlappungsbereich aller drei Umrisse überlagern sich die drei Grundfarben zu weiß.

3D SEHEN

VERSUCHSAUFBAU

Auf Stativstangen werden knapp nebeneinander eine rote und eine grüne Lampe befestigt. In einiger Entfernung wird ein Kantenmodell eines Würfels an einem Faden frei beweglich montiert und dahinter ein Betrachtungsschirm aufgestellt.



BENÖTIGTE MATERIALIEN

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1 Stativstange (ca. 90 cm) | 1 Glühlampe (rot, 40 W) |
| 1 Stativfuß (groß) | 1 Glühlampe (grün, 40 W) |
| 3 fixe Verbindungsklemmen | 1 Kantenmodell (Würfel) |
| 2 Schraubfassungen mit Schalter | |

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Beide Lampen werden eingeschaltet. Auf dem Betrachtungsschirm zeigen sich nun zwei verschiedenfarbige Schatten des Kantenmodells. Dieses wird nun in langsame Rotation versetzt und die Schatten auf dem Betrachtungsschirm mit einer Rot-Grün-Brille (3D-Brille) betrachtet.

BEOBACHTUNG

Durch die Verwendung der 3D-Brille scheinen die Schatten auf dem Betrachtungsschirm ein 3-dimensionales Kantenmodell des Würfels zu ergeben. Je nach Einbildung dreht es sich nach links oder nach rechts.

ERKLÄRUNG

Das scheinbar 3-dimensionale Bild am Betrachtungsschirm ergibt sich aus der Tatsache, daß das linke Auge und das rechte Auge verschieden Bilder sehen, die das Hirn zu einem gesamten 3-dimensionalen Bild zusammensetzt. Die verschiedenen Bilder kommen dadurch zustande, weil das eine Auge durch den Rotfilter nicht den roten Schatten und das andere Auge durch den Grünfilter nicht den grünen Schatten des Kantenmodells sieht.

Diese Methode funktioniert auch mit anderen Farben und ohne Bewegung.