

## Weißes Licht hat viele Farben - Preiswerte Experimente für den Sachunterricht -

**Bärbel Fromme**

Universität Bielefeld, Fakultät für Physik, Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld  
bfromme@physik.uni-bielefeld.de

### **Kurzfassung**

Farbiges Licht und Farben können eine große Faszination ausüben und sind geeignet, Kinder und auch Erwachsene zu motivieren, sich experimentierend-forschend einem naturwissenschaftlichen Sachverhalt zu nähern. Für die Einführungsveranstaltung des Sachunterrichtsstudiengangs an der Universität Bielefeld wurde eine Stationenarbeit mit einfachen, grundschulgeeigneten Schlerexperimenten zum Thema „Farbiges Licht und Farbwahrnehmung“ konzipiert. Die zum Teil altbekannten Experimente, die auch für den Optikunterricht der Sekundarstufe I geeignet sind, wurden so aufbereitet, dass sie ohne Vorhandensein einer Physiksammlung mit einfachen Mitteln - zum Teil mit Alltagsgegenständen - preiswert aufgebaut und durchgeführt werden können. Auf den Einsatz von Materialien von Lehrmittelfirmen wurde bewusst verzichtet.

### **1. Intention und Motivation**

Physikalische Sachverhalte werden im Sachunterricht häufig „stiefmütterlich“ behandelt; Experimente zu physikalischen Themen werden kaum durchgeführt. Dieses liegt zum einen an der eher schlechten experimentellen Ausstattung von Grundschulen, zum anderen auch an Berhrungsngsten der Lehrerinnen und Lehrer mit physikalischen Inhalten: Nach unseren Beobachtungen beginnen viele Studierende im Bereich Sachunterricht ihr Studium bereits mit einer ablehnenden Haltung zur Physik, die oft zu einer Vermeidungsstrategie des Faches im Wahlpflichtbereich fhrt. Andererseits beklagen erfahrene Lehrerinnen und Lehrer ihre geringe Ausbildung in Physik und die daraus resultierende Unsicherheit in der Vermittlung physikalischer Inhalte, die sie zur Setzung von Schwerpunkten in anderen Teildisziplinen des Sachunterrichts veranlasst.

Wir möchten dieser Tendenz schon zu Studienbeginn entgegenwirken. Bereits im 1. Semester lernen die Studierenden in der Einführungsveranstaltung des Sachunterrichtsstudiums (Ringveranstaltung, in der die Studierenden in alle Teildisziplinen des Lernbereichs „hineinschnuppern“) einfache, faszinierende physikalische Experimente kennen – zum Beispiel zum Thema „Licht und Farbe“, aber auch zu anderen Themen, wie beispielweise „Wie verhält sich Schall?“. Das Kennenlernen der Experimentiereinheiten wird auch im Rahmen von Lehrerfortbildungen angeboten.

Alle Experimente der Einheiten wurden so konzipiert, dass sie als Schülerexperimente an der Grundschule einsetzbar sind. Unsere angehenden Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrer bekommen also einen Grundstock von Ideen für physikalische Experimente an die

Hand, den sie in ihrem späteren Unterricht ohne größeren Aufwand nutzen können. Dieses ist uns wichtig insbesondere im Hinblick auf diejenigen unserer Studierenden, die den Schwerpunkt ihres Sachunterrichtsstudiums auf den gesellschaftswissenschaftlichen Bereich legen.

Grundsätzlich beachtenswert ist der fächerverbindende Aspekt im Sachunterricht: Die im Folgenden beschriebene Experimentiereinheit zum Thema Licht und Farbe hat einen hohen fächerverbindenden Bezug zur Biologie (Farbsehen). Unsere Experimentiereinheit zum Schall (hier nicht beschrieben) bietet über den biologischen Bezug zu „Ohr und Hören“ hinaus auch Anknüpfungsmöglichkeiten an das Fach Musik.

### **2. Die Stationenarbeit im Überblick**

Bei der Experimentiereinheit „Weißes Licht hat viele Farben“, geht es im Wesentlichen um drei Themenbereiche

- Spektrale Zerlegung weißen und farbigen Lichts
- Additive und subtraktive Farbmischung
- Farbwahrnehmung

Die Experimente sind einfach, gelingen ohne die Notwendigkeit großer experimenteller Fähigkeiten und sind daher auch von Kindern durchführbar. Es wurde darauf geachtet, dass nur einfach und preiswert beschaffbare Materialien verwendet werden. Die eingesetzten Materialien sind ungefährlich, wenn man von Grundschülerinnen und -schülern vertrauten Gefahrenquellen absieht: Haushaltslampen können warm werden und Glasgefäße können zerbrechen....

Die Studierenden lernen die Experimente bei uns im Rahmen einer aus 10 Stationen + Pufferstation (zur

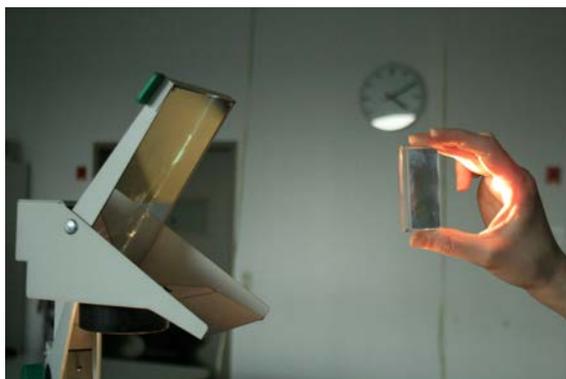
Überbrückung von „Stausituationen“ an den anderen Stationen) bestehenden Stationenarbeit kennen (siehe 3.). Grundkenntnisse zum Thema werden im Rahmen einer Vorlesung vermittelt. Die Studierenden erhalten detaillierte Experimentieranleitungen zu den einzelnen Stationen [1]. Sie führen die Experimente in Zweiergruppen durch, diskutieren dabei ihre Beobachtungen, versuchen Erklärungen für die Beobachtungen zu finden und beantworten die Fragen der Versuchsanleitungen in der Gruppe. Als Studienaufgabe werden von den Studierenden Konzepte für die Aufbereitung ausgewählter Experimente für Kinder entwickelt. Sie sollen dabei überlegen, wie Grundschüler kindgerecht an die Experimente herangeführt und zu sinnvollem Experimentieren motiviert und angeleitet werden können. Dazu entwickeln die Studierenden z. B. Arbeitsblätter für die Grundschule oder erarbeiten Geschichten für die Methode des „story-tellings“.

Die Experimentieranleitungen für die Studierenden enthalten - anders als sonst übliche Anleitungen zu Stationenarbeiten - neben der eigentlichen Aufgabenstellung auch einen ausführlichen Anhang mit Erklärungen, Lösungen der gestellten Aufgaben, Tipps, Literaturangaben und Bezugsquellen für die verwendeten Materialien. Dieser Teil wurde eingefügt, damit die Studierenden die Experimente später mit relativ wenig Zeitaufwand in ihren Unterricht einbauen können.

### 3. Die Experimente

Vier Stationen beschäftigen sich mit der spektralen Zerlegung weißen Lichts. Hier wird zum Beispiel gezeigt, dass in weißem Licht alle Regenbogenfarben enthalten sind, und dass ein Regenbogen durch die spektrale Zerlegung weißen Lichts durch Wasser entsteht. Für beide Experimente wird ein Overhead-Projektor als Lichtquelle benutzt; darüber hinaus wird schwarzer Karton, ein preiswertes Prisma [2] sowie ein schmales, hohes Glas mit Wasser benötigt: Bei der Spektralaufspaltung mit OH-Projektor und Prisma wird die leuchtende Fläche des Projektors so mit schwarzem Karton bedeckt, dass nur ein schmaler Lichtspalt übrig bleibt. Das Prisma wird in den Strahlengang gehalten (Abb. 1) und solange gedreht, bis das Spektrum an der Wand sichtbar wird (Idee aus [3], S. 129). Für die Erzeugung eines Regenbogens durch Spektralaufspaltung in Wasser (vgl. [4], S. 886) wird ein wassergefülltes Glas auf die Fläche des Overheadprojektors gestellt. Durch die Fresnellinse in der Fläche wird Licht seitlich durch das Wasser eingestrahlt und bei Ein- und Austritt aus dem Wasser jeweils gebrochen, wobei ein Spektrum in der gebogenen Form eines Regenbogens an der Wand entsteht (Abb. 2). In vielen Versuchen hat sich herausgestellt, dass der „Regenbogen“ am schönsten sichtbar ist, wenn ein schmales hohes Glas benutzt wird und sowohl das Glas als auch der größte Teil der Projektorfläche mit schwarzem Karton abgedeckt werden (Abb. 3); der Projektorspiegel wird weitgehend, aber

nicht vollständig heruntergeklappt (Vorsicht: Hitze-stau vermeiden!).



**Abb.1:** Spektrale Zerlegung von weißem Licht mit OH-Projektor und Prisma. Der Lichtspalt, der durch Abdeckung des Projektors entsteht, ist auf dem Spiegel zu erkennen.



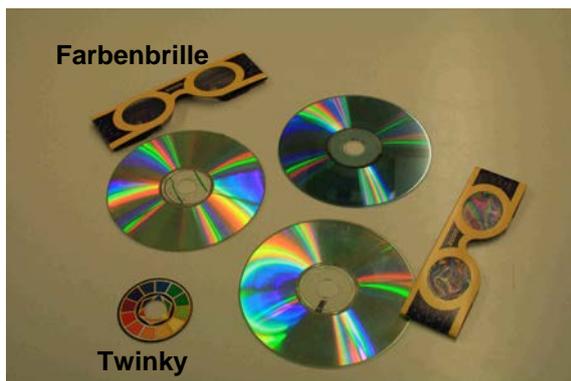
**Abb.2:** Ein Regenbogen im Zimmer – durch spektrale Zerlegung beim Durchgang von Licht durch ein wassergefülltes Glas.



**Abb.3:** Aufbau des Regenbogen-Versuchs

Anders als in der Literatur beschrieben ([4], S. 886) ist es uns weder durch Variation der Glasform, noch durch Variation oder Weglassen der Abdeckungen

gelungen, einen zufriedenstellend sichtbaren zweiten Regenbogen - wie in der Natur sichtbar - zu erzeugen. Bei den beiden weiteren Stationen zum Thema spektrale Zerlegung werden verschiedene weiß erscheinende Lichtquellen mit Hilfe unterschiedlicher, spektral aufspaltender Gegenstände, zum Teil aus dem Alltag, wie CD und Vogelfeder (vgl. [4], S. 835 und [5], S. 52), betrachtet. Sehr beliebt sowohl bei Studierenden als auch bei Schülerinnen und Schülern sind hier die „Farbenbrillen“ oder der „Twinky“ (Abb. 4), die Spektralfolie enthalten [2]. Bei der Spektralfolie, wie auch bei CD und Vogelfeder, liegt der Farbaufspaltung die Beugung am Gitter zugrunde.



**Abb.4:** Einfache Gegenstände zur Spektraluntersuchung von Lichtquellen.

Insbesondere die „Farbenbrillen“ sind hervorragend geeignet, um die Farbanteile verschiedene weißer Lichtquellen wie Glühlampe, LED-Lampe und Leuchtstoffröhre zu vergleichen. Es soll erkannt werden, dass weiß erscheinende Lichtquellen nicht immer Licht aller Regenbogenfarben enthalten, sondern durchaus nur rotes, blaues und grünes Licht aussenden können (vgl. Abb. 5). Dieses soll letztlich in Zusammenhang mit den Ergebnissen von Experimenten zur additiven Farbmischung gebracht werden.



**Abb.5:** Leuchtstoffröhren, betrachtet durch eine Spektralbrille. Das weiße Licht dieser Leuchtstoffröhren besteht praktisch nur aus den Grundfarben der additiven Farbmischung. Gelb fehlt fast vollkommen. In der Mitte liegt die spektral natürlich nicht aufgespaltene 0. Beugungsordnung: Hier sind die weiß leuchtenden Leuchtstoffröhren zu sehen.

Bei der Station „Besteht gelbes Licht immer nur aus gelben Licht?“ geht es um die spektrale Zerlegung farbigen Lichtes aber auch um Erkenntnisse zur additiven und subtraktiven Farbmischung. Durch Spektralfolie (Farbenbrille, Twinky) betrachtet werden hier Taschenlampen, die mit farbigen Kunststofffolien als Farbfilter versehen wurden. Wahlweise können auch Schreibtischlampen mit Folie benutzt werden. Deutlich sichtbar ist hier, dass z. B. gelbe Farbfolie blaue und violette Anteile des weißen Lichts der Lampe „subtrahiert“ und andererseits natürlich, dass gelbes Licht entsprechend der additiven Farbmischung auch rote und grüne Anteile enthalten kann (Abb. 6).



**Abb. 6:** Taschenlampen mit farbigen Kunststofffolien (oben) und Blick durch die Farbenbrille auf die gelbe Lampe (unten). In der Mitte ist hier in 0. Beugungsordnung die gelb leuchtende Taschenlampe sichtbar.

Farbige Kunststofffolien gibt es als Klarsichtmappen und Bucheinbandfolie o. ä. im Schreibwarenhandel. Hervorragend für die Experimente geeignet sind die in vielen Farben erhältlichen und sehr hitzebeständigen Folien für Theater-Scheinwerfer, die im Internet einzeln aber auch als farblich sortierte Sets preiswert zu erhalten sind.

Zur additiven und subtraktiven Farbmischung gibt es in der Stationenarbeit drei weitere Experimente. Auch die Pufferstation „Bau eines Farbkreisels“ (siehe z. B. [6]) gehört in diesen Bereich. Neben dem klassischen Experiment zur additiven Farbmischung mit rotem, blauem und grünem Licht – hier realisiert mit Halogen-Schreibtischleuchten mit farbigen

Kunststofffolien (Abb. 7) – wird das klassische Experiment zur subtraktiven Farbmischung mit Kunststofffolien in cyan, gelb und magenta durchgeführt. Als Lichtquelle dient hier wieder der Overhead-Projektor (Abb. 8). Spielereien mit Folien in weiteren Farben oder aber die Anfertigung eines Folien-Flechtgitters (vgl. [7], S. 71) sind möglich.



**Abb.7:** Als Lichtquellen für die additive Farbmischung eignen sich preiswerte Schreibtischlampen mit Kunststofffolien in grün, blau und rot.



**Abb. 8:** Subtraktive Farbmischung mit Folien und OH-Projektor.

Zusätzlich werden Schattenspiele mit „farbigen Schatten“ (siehe z. B. [3], S. 121) durchgeführt (Abb. 9). Natürlich sollen die Studierenden hier unter Zuhilfenahme der Erkenntnisse zur additiven Farbmischung erarbeiten, wie die farbigen Schatten zustande kommen. Auch dieses Experiment wird wieder mit einfachen Mitteln aufgebaut, z. B. mit drei Schreibtischlampen mit Kunststofffolien (vgl. Abb. 7) oder aber mit Partystrahlern aus dem Baumarkt in den Farben rot, grün und blau.

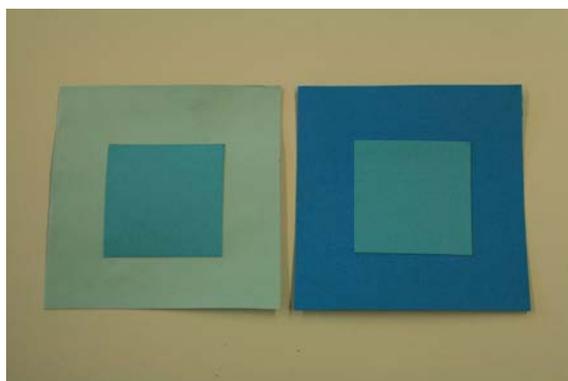
Zwei Stationen befassen sich mit der Farbwahrnehmung von Körperfarben. Bei der Station „Ist rot nicht immer rot?“ werden verschiedenfarbige Kartonstücke unter unterschiedlich farbigem Licht betrachtet. Auch

hier kommen wieder mit farbiger Folien bestückte Taschenlampen (Abb. 6 oben) zum Einsatz. Es soll erkannt werden, dass farbige Körper nur bestimmte Lichtfarben reflektieren, andere jedoch absorbieren. Auch hier spielen natürlich die additive und auch die subtraktive Farbmischung eine Rolle: Ein gelber Körper reflektiert z. B. auch rotes und grünes Licht, blaues jedoch kaum, was im Experiment gut beobachtet werden kann.



**Abb.9:** Farbige Schatten. Als Lichtquellen dienen auch hier wieder drei Schreibtischlampen mit roter, grüner und blauer Kunststofffolie.

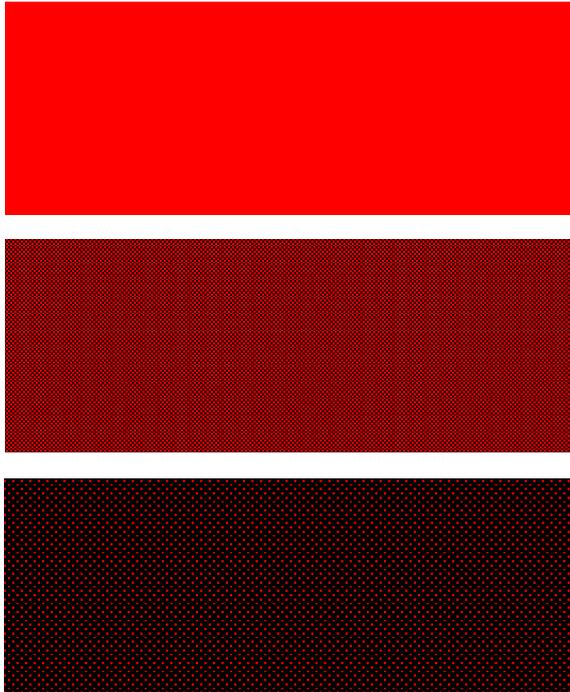
Die Station „Wir sehen Farben, die es beim Licht gar nicht gibt“ beschäftigt sich mit dem Einfluss von Kontrasten auf die Farbwahrnehmung. Hier wird zunächst gezeigt, dass die Farbwahrnehmung generell von der Umgebungsfarbe abhängt (Abb. 10).



**Abb.10:** Ein Kartonstück von mittlerer Farbtiefe wirkt auf einem helleren Karton dunkler als auf einem dunkleren. Experimentidee aus [8], S. 28.

Anschließend wird mit Farbfeldern - die mit Hilfe von „Word“ erzeugt wurden - erarbeitet, wie das menschliche Auge Körperfarben, die es als farbiges Licht gar nicht gibt, wie beispielsweise braun, olivgrün, rosa und hellblau, unter Einbeziehung von Kontrasten wahrnimmt. Bei diesen Farbfeldern sind Punktraster abgedruckt, in denen einer Grundfarbe ein unterschiedlicher Prozentsatz schwarzer oder weißer Punkte gleichmäßig beigemischt wurde (ein

Beispiel zeigt Abb. 11). Bei der Betrachtung aus hinreichender Entfernung - so dass die Rasterung für das Auge nicht mehr auflösbar ist - ist deutlich zu erkennen, dass mit steigendem Prozentsatz an dunklen Punkten eine rote Fläche als immer dunkler braun empfunden wird, während die Beimischung von weißen Punkten den Farbeindruck rosa erzeugt. Verschiedene Farbfelder zum Thema können von unserer WEB-Seite heruntergeladen werden [1].



**Abb. 11:** Einfluss von Kontrasten auf die Farbwahrnehmung: Wird immer mehr der roten Farbe gleichmäßig durch schwarz ersetzt, nimmt das Auge die Fläche als zunehmend dunkler braun wahr. Oben: 100% rot; Mitte: 50% rote und 50% schwarze Punkte. Unten: 20% rot, 80% schwarz.

#### 4. Erfahrungen und Fazit

Die Stationenarbeit „Weißes Licht hat viele Farben“ wird seit dem WS 11/12 im Sachunterrichtsstudien-gang eingesetzt. Die Studierenden dieses Studiengangs, die auf Grund ihrer schulischen Kurswahl häufig nur über geringe physikalische Erfahrungen und Kenntnisse verfügen, sind vom Thema sehr fasziniert.

Als sehr positiv wird von Vielen empfunden, dass nicht nur physikalisches Wissen vermittelt bzw. vertieft wird - was natürlich auch ein Ziel der Experimente ist - sondern ein direkter Anwendungsbezug für den späteren Sachunterricht besteht und dieser für die Studierenden auch deutlich erkennbar ist. Der Beweis, dass die Studierenden, die Experimente später auch im Unterricht durchführen, steht noch aus, da sich alle Studierenden, die die Stationenarbeit bei uns kennen gelernt haben, noch im Studium befinden.

Wir bieten die Stationenarbeit seit geraumer Zeit auch als Lehrerfortbildung auf der Homepage des Bereichs Physik und ihre Didaktik der Universität Bielefeld an. Leider blieb das Angebot bisher ohne Resonanz, so dass hier aktuell keine Erfahrungen mit Lehrerinnen und Lehrern vorliegen. Aus Anlass des „Jahr des Lichts“ 2015 werden wir die Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrer der Grundschulen der Umgebung in Kürze gezielt zur Fortbildung „Weißes Licht hat viele Farben“ einladen.

#### 5. Literatur

- [1] <http://www.physik.uni-bielefeld.de/didaktik/Lehrerinnen/Materialien%20Licht%20und%20Farbe.htm> (Stand: 3/2015)
- [2] [www.astromedia.de](http://www.astromedia.de) (Stand: 3/2015)
- [3] Boysen, Gerd (Hrsg.): *Physik für Gymnasien, Gesamtband Länderausgabe D* Berlin: Cornelsen, 1999
- [4] Hilscher, Helmut (Hrsg.): *Physikalische Freihandexperimente Band 2* Köln: Aulis Verlag Deubner, 2004
- [5] Eckert, Bodo; Stetzenbach, Werner; Jodl, Hans-Jörg: *Low Cost – High Tech Freihandversuche Physik* Köln: Aulis Verlag Deubner, 2000
- [6] <http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/farben/ausblick#lightbox=/themenbereiche/farben/lb/heimversuche-farbkreisel> (Stand: 3/2015)
- [7] Rentzsch, Werner: *Experimente mit Spaß 5 – Optik* Köln: Aulis Verlag Deubner, 1998
- [8] Berger, Ulrike: *Die Nacht-Werkstatt – spannende Experimente mit Dunkelheit und Licht* Freiburg: Velber, 2009