

TU Dresden

Fakultät Physik

Professur für Didaktik der Physik



Praktikum:

Physikalische Schülerexperimente III

Licht und Farberscheinungen

im

Wintersemester 2021 / 2022

Ausarbeitung von:

Tom Stieler

Lehramt für Berufsbildende Schulen

Metall- /Maschinentechnik und Physik

tom.stieler@tu-dresden.de

Fachliche Vorbereitung

1 Quiz zu Farben bei LEIFlphysik

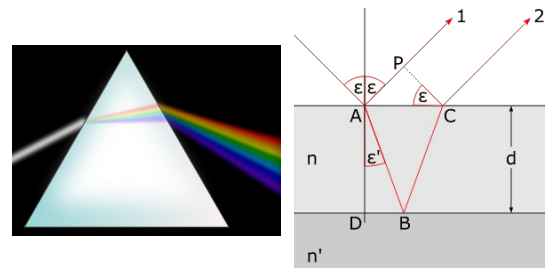
<https://www.leifiphysik.de/optik/farben/aufgabe/quiz-zu-farben>

2 elektromagnetisches Spektrum

- Sichtbares Licht liegt im Bereich von 400 nm (blau) bis 800 nm (rot) → 1...3 eV
- IR-Strahlung liegt im Bereich von
UV-Strahlung liegt im Bereich von → 3,2 ...100 eV
- Zusammenhang zw. Frequenz und Wellenlänge: $c = f \cdot \lambda$

3 weißes Licht aufspalten

- Prismen nutzen / Regenbogen (*Brechung*)
- Plexiglasscheibe (*Interferenz an dünnen Schichten*)



4 Spektren

Kontinuierliches Spektrum

- große Bandbreite an Wellenlängen / Frequenzen
- Sonnenlicht, Glühbirne
- keine Sprünge → kontinuierlich

Diskretes Spektrum / Linienspektrum

- diskrete / einzelne Wellenlängen / Frequenzen
- erscheinen als einzelne Farbe (z. B. Weiß) und werden erst durch Prisma etc. erkennbar
- LED, Spektrallinien von Elementen

Absorptionsspektrum

- aus einem kontinuierlichen Spektrum werden einzelne Wellenlängen / Frequenzen „entnommen“
- diskrete Wellenlänge regt in einem Gas ein Elektron an, Emission in alle Richtungen, daher erscheint diese Wellenlänge auf dem Schirm insgesamt dunkler
- Astronomie (Spektrum der Sonne); Licht durch Gas senden

5 Spektrallampe (phy.-tech. Funktionsprinzip)

Siehe PhET-Simulation: [Neonlicht und andere Entladungslampen](#)

6 Fluoreszenz und Phosphoreszenz

- Angeregte Atome senden i. d. R. Photonen mit gleicher (anregender) Wellenlänge zurück
- z. T. nimmt das Atom einen Zwischenzustand ein und sendet damit ein Photon aus, dessen Wellenlänge niedriger ist als die des einfallenden Photon
- Dann geht es entweder durch weitere Photonenemission oder durch inelastische Stöße in den Grundzustand zurück
- Zeit zwischen Absorption und Emission kurz ($10E-7$ s) → *Fluoreszenz*
- Zeit zw. Absorption und Emission lang (s...min...h) → *Phosphoreszenz*
 - *Diese „langsame“ Lichtemission heißt auch Phosphoreszenz, weil sie bei der Anregung von Phosphor durch radioaktive Strahlung erstmals beobachtet wurde.(Demtröder 3)*

Didaktische Vorbereitung

[...] die Begrifflichkeiten „additive und subtraktive Farbmischung“ stellen ein Lernhindernis dar. Der Begriff „Mischung“ konnotiert bereits das Zusammenfügen von mehreren Teilen. Somit ergibt sich für „additive Farbmischung“ eine Dopplung und was weit problematischer ist, für „subtraktive Farbmischung“ ein Widerspruch [...]. Stattdessen Farbaddition als die Zusammenführung von Lichtfarben und Farbsubtraktion als das Abziehen einzelner Lichtfarben aus einem Anfangslichtbündel [...] einführen. (Hagen-Schützenhöfer)

1 abzugebende Aufgaben

1.1 Farbstreubox (nach Hagen-Schützenhöfer)



Bilder: Tom Stieler, 2021

Aufbau und Durchführung

Kleine Schachtel mit farbigen Papier auf dem Boden auslegen. Oben Kerbe einschneiden, damit die Taschenlampe leichter rein passt. Für besseren Effekt Umgebungslicht abschirmen.

SuS kennen den genauen Aufbau der Schachtel nicht, sie sehen nur die auftretenden Effekte (untere Bilder). Die SuS sollen Hypothesen bilden, welche Bedingungen zu dem sichtbaren Ergebnissen führen, z. B.:

- farbige Taschenlampe (orange bzw. blau)
- die bemalte Innenwände (bei weißem Taschenlampenlicht!)
- farbiger Boden (bei weißem Taschenlampenlicht)

Lehrplaneinordnung

Fachoberschule (Technik), Gymnasium	12. Klasse 6. Klasse	WB 2: WB 3:	Anwendungen der Farben	Optik
--	-------------------------	----------------	---------------------------	-------

schülergerechte Erklärung

farbige Taschenlampe

Das Licht der Taschenlampe wird auf dem Boden und an den Wänden gestreut und gelangt ins Auge (Lichtweg evtl. an der Tafel zeichnen)

bemalte Innenwände

Die Schachtelwände sind blau (unter weißer Beleuchtung) und die Taschenlampe sendet weißes Licht aus. Der blaue Anteil des weißen Lichtes wird von den Wänden weitergesendet und landet im Auge des Betrachters. Dieser sieht daher die Innenwände bläulich.

Farbiger Boden, weiße Wände

Ein Teil der Schachtelwände ist blau, ein Teil ist weiß (jeweils unter weißer Beleuchtung). Die Taschenlampe sendet weißes Licht aus. Der blaue Anteil des weißen Lichtes wird von den blauen Wandflächen weitergesendet. Dieses blaue Licht trifft auf die weißen Wandflächen und wird von diesen ebenfalls weitergesendet (gestreut) und gelangt schließlich ins Auge des Betrachters. Dieser sieht daher die Innenwände bläulich.

1.2 Auswirkungen von UV-Licht auf menschl. Körper

UV-Licht weist kürze Wellenlängen als blaues Licht auf und ist damit energiereicher ($E = h \cdot f$; $c = f \cdot \lambda$). Die Größenordnung der Energiebeträge eines Photons liegen in der bei gleichen Größenordnungen wie die von chemischen Reaktion. Mit anderen Worten: UV-Licht kann chemische Reaktionen auslösen bzw. beschleunigen.

Wird der menschliche Körper UV-Strahlung ausgesetzt, absorbieren die Zellen die Photonen und damit die Energie. Dies kann im schlimmsten Fall zu Erbgutschäden führen, am Anfang allerdings nur zu Rötungen oder Sonnenbrand.

→ <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/einfuehrung/einfuehrung.html>

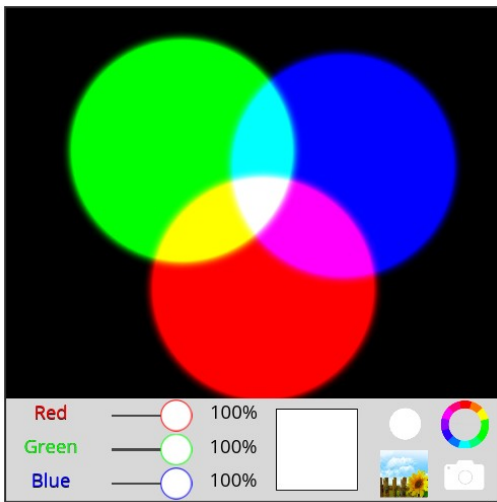
2 Vorbereitungsaufgaben

2.1 additive Farbmischung (Simulation)

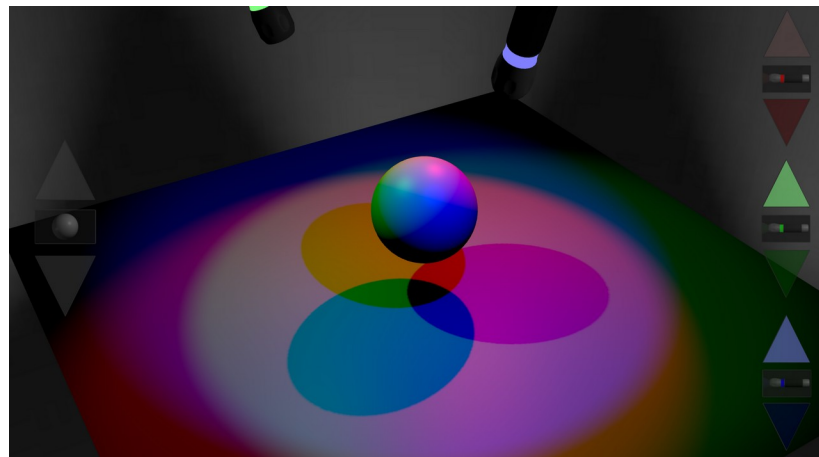
Siehe cg-physics-Video bzw. -Simulation: [additive und subtraktive Farbmischung](#)

Einsatz im Unterricht

Die grundlegenden Phänomene der Farbaddition sowie -subtraktion können nachgebildet werden, da Anwendung der Kugel als schattenwerfender Körper zusätzliche Funktionen bietet, allerdings ist die Bedienung teilweise zu komplex und lenkt vermutlich vom Unterricht ab. Da die Farblehre meist in der sechsten Klasse gelehrt wird, sollte ein Komplexitätsreduktion im Vordergrund stehen, damit die Schüler:innen nicht nur herumspielen.



links: Simulation von physicsclassroom.com



rechts: Simulation von cg-physics

Im Vergleich dazu die Simulation von physicsclassroom.com: Dort sind ist mehr Funktionalität bei gleichzeitiger Reduktion der Blickrichtungen gegeben und bietet sich m. M. nach daher besser für den Unterricht in der Sekundarstufe 1.

2.2 additive und subtraktive Farbmischung (Unterrichtseinstieg)

Farbaddition	Farbsubtraktion
<p>Aus Grundfarben (rot, blau, grün) weitere Farben mischen; Komplementärfarben ergeben gemischt wieder weiß;</p>	<p>Farben von nicht selbstleuchtenden Körpern entstehen durch selektive Absorption; bestimme Wellenlängen werden absorbiert, und in alle Richtungen ausgestrahlt; andere gelangen ungehindert weiter, diese bestimmen dann den Farbeindruck;</p> <p>Farben können „erzeugt“ werden, indem bestimmte Filterkombinationen aus Cyan, Magenta und Gelb gebaut werden (Grundfarben für Drucker und Fotografien);</p>
<p>Bsp.: Bildschirme, Sonnenlicht, Lampen</p>	<p>Bsp.: Zeitungen, Fotografien, bunte (transparente) Folien</p>

Versuche

1 Handspektroskop

Bestimmen Sie mit Hilfe eines Handspektroskops die Wellenlängen der Spektrallinien einer Leuchtstoffröhre. (Siehe zur Bedienung PDF auf OPAL oder auf sternensucher.com)

1.1 Ziel des Experiments → quantitatives Schülerexperiment

- Nicht alle Lampen erzeugen kontinuierliche Spektren
- Emittierte Wellenlängen sind elementspezifisch
- Aufbau, Funktion und Handhabung eines (Hand-)Spektroskops

1.2 Lehrplaneinordnung

BGY	13. Kl.	LB 2: Grundlagen der Quanten- u. Atomphysik Arten von Spektren, deren Entstehung, experimentelle Befunde
FOS	12. Kl.	LB 4: Optik EM-Spektrum, Wellenmodell, Bestimmung Wellenlänge von Licht

1.3 Lernziele (aus den Bildungsstandards¹)

Die SuS bauen nach Anleitung auf, führen das Experiment durch und protokollieren ihre Beobachtungen (S4). Mit Hilfe der Wellenoptik, Grundlagen der Atomphysik und ihrem Tafelwerk erklären die SuS das (physikalische) Zustandekommen ihrer Beobachtung (E6).

1.4 Material + Aufbau

Handspektroskop	Leuchtstoffröhre	Gasentladungsröhre
evtl. Prismen	Spannungsversorgung	Kabel

1.5 Durchführung

1. SuS machen sich mit dem Aufbau und der Funktionsweise des Handspektroskops vertraut.
2. SuS bekommen Gasentladungslampen oder Leuchtstoffröhren zugewiesen und sollen deren Wellenlänge bestimmen, dabei führen sie ein Protokoll.
3. Mit dem Tafelwerk (o. ä. Literatur) werden die enthaltenen Elemente bestimmt.

1 Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. In: Jg. / 2020, S. 27.

1.6 Beobachtungen

Leuchtmittel	Wellenlänge
Z. G. Hg-Lampe, Leuchtstoffröhre, ...	XX nm, YY nm, ...

1.7 Auswertung

...

2 Fluoreszenz (UV-Lampe)

Demonstrieren Sie das Phänomen der Fluoreszenz verschiedener Materialien durch Bestrahlung mit einer UV-Lampe. Zeigen Sie zudem, dass die dabei beobachteten Farberscheinungen nicht lediglich von Lichtreflexionen herrühren, sondern von den Materialien selbst ausgesandt werden.

2.1 Ziel des Experiments → qualitatives Demonstrationsexperiment

- Sichtbares Licht ist nur ein Teil der elektromagnetischen Strahlung.
- UV-Licht ist (teilweise) nicht sichtbar, aber nachweisbar.
- Fluoreszenz ist nicht nur Reflexion von UV-Licht, sondern eine eigenständige Leuchtquelle.

2.2 Lehrplaneinordnung

BGY 13. Kl. LB 2: Grundlagen der Quanten- u. Atomphysik
Arten von Spektren, experimentelle Befunde, IR- und UV-Strahlung

FOS 12. Kl. LB 4: Optik
Emission und Absorption EM-Strahlung,

2.3 Lernziele

SuS recherchieren zu dem gezeigten Experiment zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen geeignete Quellen aus (K1), um unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt (K4) die beobachtenden Phänomene zu erklären (E6).

2.4 Material + Aufbau

UV-Lampe Fluoreszenzschirm Waschmittel

Speiseöl

Geldschein

Chipkarte

Fluoreszenzlösung

(Spannungsversorgung) (Kabel)

2.5 Durchführung

1. Mittels Fluoreszenzschirm, etc. UV-Strahlung der Lampe darstellen.
2. Verschiedene Materialien mit UV-Licht zum Fluoreszieren bringen.
3. Materialien finden, bei denen ein Nachleuchten auftritt.
4. ...

2.6 Beobachtungen

...

2.7 Auswertung

...

3 Nachweis IR-Strahlung in weißem Licht

Erzeugen Sie ein kontinuierliches Spektrum und weisen Sie mit Hilfe eines Infrarotsensors IR-Strahlung in weißem Licht nach.

3.1 Ziel des Experiments → (halb)quantitatives Demonstrationsexperiment

- Sichtbares Licht ist nur ein Teil der elektromagnetischen Strahlung
- Infrarotstrahlung wird auch als Wärmestrahlung bezeichnet
- Infrarotlicht ist nicht sichtbar, aber nachweisbar

3.2 Lehrplaneinordnung

BGY 13. Kl.

LB 2: Grundlagen der Quanten- u. Atomphysik

Arten von Spektren, experimentelle Befunde, IR- und UV-Strahlung

FOS 12. Kl.

LB 4: Optik

Emission und Absorption EM-Strahlung, Wärmestrahlung

3.3 Lernziele

SuS erklären das Phänomen des Nachweises von EM-Strahlung außerhalb des sichtbaren Bereiches und Nutzung der Wellenoptik (und evtl. Grundlagen der Atomphysik) (S1) unter Verwendung der Fachsprache (K4).

3.4 Material + Aufbau

Lampe mit IR-Anteil	Prisma	Schirm
Blende	Thermosensor	Thermometer
Spannungsversorgung	Kabel	evtl. Spannungsmesser

3.5 Durchführung

1. Geeigneten Stromkreis mit Leuchtquelle aufbauen und einschalten.
2. Mittels Prisma ein lichtstarkes Spektrum erzeugen.
3. Sensor (Thermometer, Fotoelement, ...) durch das Spektrum bewegen.

3.6 Beobachtungen

...

3.7 Auswertung

Jenseits des roten Spektralbereiches ist eine unsichtbare Strahlung vorhanden. Diese führt zu einer Erwärmung der bestrahlten Fläche.