

Absorptionsspektren von Farbstoffen auf einem Schirm

Versuchsziele

- Absorptionsspektren betrachten und verstehen.
- Den Zusammenhang zwischen Absorption, Reflexion und Transmission erkennen.
- Farbe als Licht mit charakteristischer Wellenlänge wahrnehmen.
- Die Aufspaltung von Licht durch ein Prisma kennenlernen.
- Den Unterschied zwischen Farbeindruck und absorbierter Farbe begreifen.

Grundlagen

Um ein Absorptionsspektrum interpretieren zu können, muss zunächst geklärt werden was Licht ist. Unter Licht wird meist der Teil der elektromagnetischen Strahlung verstanden, der für das Auge sichtbar ist. Diese Strahlung liegt in einem Wellenlängenbereich von 380 nm bis 780 nm und besteht aus Lichtteilchen, den sogenannten Photonen. Dabei ist das violette Licht mit 400 nm die energiereichste Strahlung im sichtbaren Bereich und purpur-rotes Licht mit 730 nm die energieärmste.

Licht hat die Eigenschaft, sich gradlinig auszubreiten, es sei denn, es trifft auf einen anderen Körper. Dabei gibt es drei Möglichkeiten der Beeinflussung durch den Körper: Reflexion, Brechung und Streuung. In diesem Versuch beispielsweise trifft das Licht auf ein Prisma und wird wellenabhängig gebrochen.

Das Prisma ist meist ein gleichseitiges Dreieck aus Glas oder Kunststoff. Trifft nun ein Lichtstrahl schräg auf eine der Grundseiten des Prismas wird dieser an dessen Kante gebrochen. Da jede Farbe des Lichts eine charakteristische Wellenlänge hat, wird jede Farbe unterschiedlich stark gebrochen. Aus diesem Grund wird z.B. das langwellige rote Licht nicht so stark gebrochen wie das kurzwellige blaue Licht. Im Prismenglas breitet sich das Licht weiter

gradlinig aus, bis es auf die zweite Außenkante trifft. An dieser Kante wird das Licht nochmals gebrochen und der Effekt der Aufspaltung verstärkt. Treffen die Strahlen nun auf einen Schirm, so kann ein kontinuierliches Farbspektrum gesehen werden.

Wird zwischen dem Prisma und dem Schirm eine Farbstofflösung platziert, so tritt das Licht in Wechselwirkung mit dem flüssigen Medium. Es gibt wiederum drei Möglichkeiten der Wechselwirkung: Reflexion, Absorption und Transmission. Bei der Reflexion wird das Licht an der Grenzfläche des Mediums im Einfallswinkel gespiegelt und tritt im gleichen Winkel wieder aus. Bei der Absorption wird das Licht durch die Wechselwirkungen mit dem Medium teilweise oder vollständig verschluckt und nur wenig Licht wird transmittiert. Die Transmission ist das Durchqueren des Lichts ohne Wechselwirkung mit der Lösung.

Für die Interpretation der Absorptionsspektren ist vor allem die Betrachtung der Absorption wichtig. Absorbiert ein Medium eine Farbe mit einer charakteristischen Wellenlänge, so erscheint das Medium in der Komplementärfarbe (siehe Tab. 1). Eine andere Möglichkeit ist, dass alle Wellenlängen außer der Wellenlänge der transmittierten Farbe absorbiert werden. In diesem Fall ist die transmittierte Farbe die Farbe des Mediums.

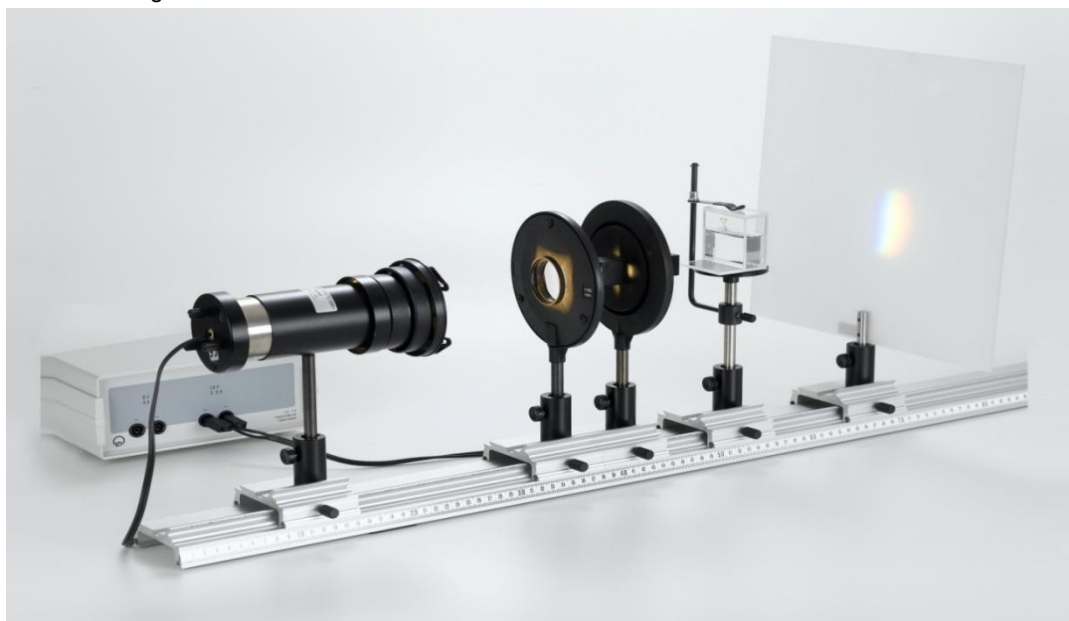






Abb. 1: Versuchsanordnung zur Darstellung von Absorptionsspektren von Farbstoffen auf einem Schirm.

Gefährdungsbeurteilung

Die zu verwenden Chemikalien sind zum Teil gesundheitsschädlich.

Eisen-III-chlorid-6-hydrat ist ätzend und sollte nur mit geeigneten Schutzhandschuhen abgefüllt werden.

Eisen (III)-chlorid-6-hydrat	
  Signalwort: Gefahr	Gefahrenhinweise H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H315: Verursacht Hautreizung. H318 Verursacht schwere Augenschäden. Sicherheitshinweise P280 Schutzhandschuhe / Augenschutz/ Gesichtsschutz. P302+P352 BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen. P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P313 Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
Methylenblau	
 Signalwort: Achtung	Gefahrenhinweise H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
Universalindikator	
 Signalwort: Gefahr	Gefahrenhinweise H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. Sicherheitshinweise P210 Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Ansetzen der Lösungen

Ansetzen einer roten Farbstofflösung: 0,2 g Färbemittel (rot, ungiftig) wird für eine rote Lösung in ein Becherglas abgewogen und mit Hilfe des Messzylinders mit 35 ml Wasser aufgefüllt. Anschließend wird die Lösung gut gerührt, bis sich der Farbstoff vollständig gelöst hat.

Ansetzen einer gelben Farbstofflösung: 1 g Eisen-III-chlorid-6-hydrat wird für eine gelbe Lösung in ein Becherglas abgewogen und mit Hilfe des Messzylinders mit 35 ml Wasser aufgefüllt. Anschließend wird die Lösung gut gerührt, bis sich der Farbstoff vollständig gelöst hat.

Ansetzen einer blauen Farbstofflösung: 4 mg (ein paar Körnchen) Methylenblau wird für eine blaue Lösung abgewogen und mit Hilfe des Messzylinders mit 35 ml Wasser aufgefüllt. Anschließend wird die Lösung gut gerührt, bis sich der Farbstoff vollständig gelöst hat.

Geräte und Chemikalien

1 Linse in Fassung, f = +100 mm	460 03
1 Geradsichtprisma	466 05
1 Halter für Geradsichtprisma	466 04
1 Spiegelglaskasten (Küvette), 10 mm	477 20
1 Prismmentisch auf Stiel	460 25
1 Schirm, durchscheinend	441 53
1 Lampengehäuse mit Kabel	450 60
1 Glühlampe 12 V/30 W, E14, Satz 2	450 521
1 Kondensator mit Blendenhalter	460 20
1 Transformator 6/12 V, 30 W	521 210
1 Optische Bank, S1- Profil, 1 m	460 310
5 Optikreiter mit Muffe	460 311
1 Kompaktwaage 200 g : 0,01 g	667 7977
5 Becherglas, Boro 3.3, 50 ml, nF	602 021
1 Messzylinder 50 ml, Kunststofffuß	665 753
4 Glasrührstäbe 200 mm X 8 mm, aus	665 212ET10
2 Tropfpipetten 150 x 7 mm, aus	665 953
2 Gummikappen (Pipettenhütchen), aus	665 954
1 Spritzflasche PE, 500 ml	661 243
1 Wasser, rein, 1 l	675 3400
1 Eisen-III-chlorid-6-hydrat, 50 g	671 8700
1 Methylenblau, 1 g	673 2900
1 Universalindikator, flüssig, 50 ml	675 2550
1 Natronlauge, verd., ca. 2 M, 500 ml	673 8400
1 Färbemittel, rot, 10 g	309 42

Ansetzen einer violetten Farbstofflösung: In einem Becherglas werden 35 ml Wasser vorgelegt. Ca. 2 ml (eine volle Pipette) Universalindikator werden hinzugegeben und anschließend mit ca. 1 ml 2 molarer Natronlauge versetzt. Die Lösung sollte so violett werden (pH-Wert von 10).

Aufbau der Apparatur

Auf der optischen Bank wird aus Transformator, einer Lampe, einer Linse, eines Geradsichtprismen, Prismmentisch, Glasküvette und einem Schirm eine Apparatur zur Darstellung von Absorptionsspektren von Farbstoffen auf einem Schirm aufgebaut (siehe Abb. 1).

Hinweis: Beim Aufbau sollte darauf geachtet werden, dass Linse und Prisma möglichst nah nebeneinander platziert werden. Zur besseren Beobachtung kann der Schirm auch gedreht werden, sodass sowohl Versuchsaufbau als auch das Absorptionsspektrum auf dem Schirm gleichzeitig betrachtet werden können.

Versuchsdurchführung

1. Zunächst wird 35 ml Wasser in die Küvette gefüllt und die Glasküvette auf den Prismmentisch gestellt.

2. Die Anschlüsse der Lampe werden in den Transformator (12 V) gesteckt und der Transformator eingeschaltet. Nun kann das ganze Absorptionsspektrum betrachtet werden und gegebenenfalls durch Verschieben der Lampe, der Linse, des Schirms, der Probe und des Prisma scharf gestellt werden.

3. Die Küvette wird anschließend geleert und die rote Lösung wird in die Glasküvette gefüllt und auf den Prismmentisch gestellt. Die Veränderung des Absorptionsspektrums kann nun betrachtet werden.

4. So kann durch Austauschen der Lösungen bei jeder Farblösung eine Veränderung im Absorptionsspektrum beobachtet werden.

Beobachtung

In die erste Küvette wird reines Wasser gefüllt. Es kann beobachtet werden, dass keine Farbe absorbiert wird und

daher alle Farben des sichtbaren Spektrums transmittiert werden (siehe Abb. 2).



Abb. 2: Absorptionsspektrum von Wasser.

Wird hingegen eine rote Lösung in die Küvette gefüllt, so werden alle Wellenlängen des Lichts außer die des roten Lichts absorbiert. Das rote Licht hingegen wird transmittiert und die Lösung erscheint rot (siehe Abb. 3).

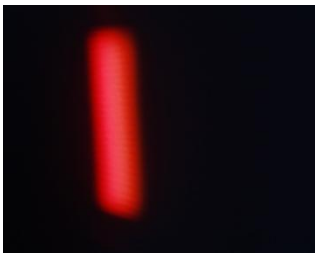


Abb. 3: Absorptionsspektrum einer roten Farbstofflösung.

Wird in die Küvette eine violette Farbstofflösung gegeben, so werden alle Farben des Lichts außer gelbgrün transmittiert und nur gelbgrün absorbiert. Da gelbgrün die Komplementärfarbe von violett ist, erscheint die Lösung violett (siehe Abb. 4).



Abb. 4: Absorptionsspektrum einer violetten Farbstofflösung.

Bei der blauen Farbstofflösung wird nur das rot-orange Licht absorbiert und alle anderen Farben werden transmittiert. Die Lösung erscheint daher blau, da die Komplementärfarbe orange absorbiert wird (siehe Abb. 5).



Abb. 5: Absorptionsspektrum einer blauen Farbstofflösung.

Bei der gelben Farbstofflösung wird das violett-blaue Licht absorbiert und alle anderen Farben werden transmittiert. Da violett-blau die Komplementärfarbe von gelb ist, erscheint die Lösung gelb (siehe Abb. 6).



Abb. 6: Absorptionsspektrum einer gelben Farbstofflösung.

Auswertung

Wie die verschiedenen Beispiele zeigen, gibt es zwei Möglichkeiten der Absorption, die den Farbeindruck einer Lösung bestimmen. Der erste Fall tritt beispielsweise beim roten Absorptionsspektrum auf. Dabei werden alle Wellenlängen der sichtbaren Farben absorbiert und nur die Farbe der Lösung wird transmittiert. Die Lösung erscheint rot, weil nur die Wellenlänge des roten Lichts transmittiert wird.

Der zweite Fall ist, dass nur die Komplementärfarbe absorbiert wird und alle anderen Farben transmittiert werden. Dies ist z.B. bei der violetten Lösung der Fall. Die Wellenlänge der Komplementärfarbe gelbgrün wird absorbiert und alle anderen Farben transmittiert. Die Lösung erscheint daher in der Komplementärfarbe der absorbierten Farbe gelbgrün, violett.

Die Zuordnung des Farbeindruckes bzw. des transmittierten Lichts durch die Absorption der Komplementärfarbe kann auch in dieser Tabelle nachgeschaut werden:

Tab. 1: Zuordnung des absorbierten Lichts zum transmittierten Licht.

absorbiertes Licht		transmittiertes Licht
Wellenlänge	Farbe	beobachtete Farbe
730 nm	purpur	grün
640 nm	rot	blaugrün
590 nm	orange	blau
550 nm	gelb	violett-blau
530 nm	gelbgrün	violett
510 nm	grün	purpur
490 nm	blaugrün	rot
450 nm	blau	orange
425 nm	violett-blau	gelb
400 nm	violett	gelbgrün

Ergebnis

Mit den Absorptionsspektren verschiedenen Flüssigkeiten kann gezeigt werden, dass jede farbige Flüssigkeit Wellenlängen einer charakteristischen Farbe absorbiert. Diese absorbierte Wellenlänge einer Farbe kann dann durch Ermittlung der Komplementärfarbe einem Farbeindruck zugeordnet werden (siehe Tab. 1). Des Weiteren kann mit diesem Versuch die Aufspaltung des Lichts durch ein Prisma in ein kontinuierliches Farbspektrum erklärt werden.

Reinigung und Entsorgung

Die Methylenblau- und Universalindikatorlösungen werden im Behälter für organische halogenfreie Substanzen entsorgt, die Eisen-III-chlorid-Lösung im Kanister für Schwermetalle. Der rote Farbstoff kann im Abfluss entsorgt werden, weil er ungiftig ist.