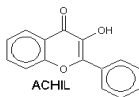




LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse
Service de coordination de la recherche
et de l'innovation pédagogiques
et technologiques

ABIOL
Association des Biologistes
Luxembourgeois



Fonds National de la
Recherche Luxembourg

9. Lëtzebuerger Naturwëssenschaftsolympiad

Finalrunde: Dienstag, den 16. Februar 2016

Lycée Michel-Rodange, Luxembourg



Farben in der Natur

Aufgabenbogen

Vorsichtsmaßnahmen

1. Tragt Laborkittel und Schutzbrillen während des gesamten Aufenthalts im Labor.
2. Beim Arbeiten mit dem Bunsenbrenner müssen längere Haare mit einem Band nach hinten zusammengefasst werden.
3. Bei der Arbeit mit Chemikalien sollen Einweghandschuhe getragen werden.
4. Essen und Trinken im Labor ist nicht gestattet.
5. Wenn Material zerbricht, sofort einem Jurymitglied Bescheid geben.
6. Den Anweisungen der Jurymitglieder ist immer Folge zu leisten.

Hinweise zu den Aufgaben

1. Ihr könnt die Aufgaben in jeder beliebigen Reihenfolge, individuell oder als Gruppe bearbeiten. Aufgrund der Zeitbeschränkung ist es ratsam, die Arbeit aufzuteilen.
2. Material, was allen Gruppen zur Verfügung steht, muss **sofort** nach Gebrauch an seinen ursprünglichen Platz zurückgebracht werden.
3. Der Arbeitsplatz muss genau so verlassen werden wie er vorgefunden wurde.
4. Alle Ergebnisse müssen in den **Antwortbogen** eingetragen werden.
5. Am Ende darf nur ein einziger Antwortbogen abgegeben werden.
6. **Punkteverteilung** für die einzelnen Aufgaben:

Versuch I:	Die Chemie der Pflanzenfarbstoffe	(30 P.)
Versuch II:	Farben im Pflanzenreich	(36 P.)
Versuch III:	Die Farben des Lichts	(30 P.)
Arbeitsablauf, Sauberkeit, Organisation, Teamfähigkeit:		(4 P.)

Gesamtpunktzahl: (100 P.)

Farben in der Natur

Das Licht und sein Spektrum

Bereits 1676 hat der Physiker Isaak Newton sowohl experimentell als auch theoretisch die Zerlegung des "weißen" Sonnenlichts in 7 unterschiedliche Farben nachgewiesen. Eigentlich sind es nicht nur 7, sondern unendlich viele Farben, wie ein gewöhnlicher Regenbogen ganz klar aufzeigt.

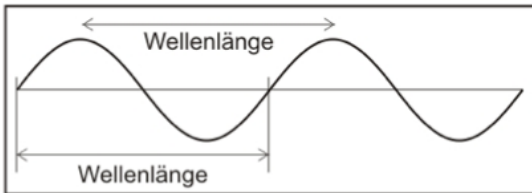


Abb. 1: Wellenlänge

Licht besteht aus elektromagnetischen Wellen. Wissenschaftler analysieren Licht, indem sie das **Spektrum** des Lichts bestimmen. Das heißt, sie untersuchen, aus welchen verschiedenen Wellen das Licht zusammengesetzt ist. Dabei unterscheiden sich die verschiedenen Wellen sowohl durch ihre Intensität als auch durch ihre Wellenlänge (Abb. 1). Ist die Intensität einer Lichtwelle stärker, so sehen wir das Licht heller. Und die verschiedenen Wellenlängen erkennen wir an ihrer Farbe.

Nur Wellen mit einer Wellenlänge zwischen 400 und 800 Nanometer (nm) lösen im menschlichen Sehorgan einen Reiz aus und sind damit für uns sichtbar. In diesem Bereich liegen sämtliche Regenbogenfarben. Die kleinste noch sichtbare Wellenlänge entspricht dem Violett, die größte dem Roten (Abb. 2). Das Spektrum des Sonnenlichts geht allerdings weit über diesen Bereich hinaus, in die unsichtbaren Bereiche Ultraviolett und Infrarot.

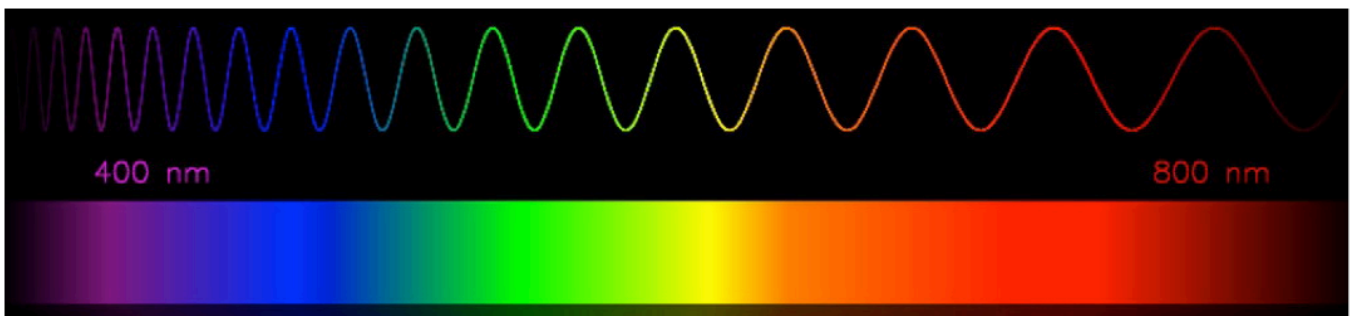


Abb. 2: Das sichtbare Spektrum des Sonnenlichts.

Die Farbe eines Gegenstandes

Wenn Licht auf einen Gegenstand trifft, dann können drei Prozesse stattfinden: Licht wird **absorbiert**, das heißt aufgenommen und in andere Energieformen umgewandelt, Licht wird **reflektiert**, das heißt in eine Richtung (Spiegelung) oder in mehrere Richtungen (Streuung) zurückgeworfen. Oder Licht wird **transmittiert**, das heißt das Licht durchquert den Stoff unverändert. Dann ist der Gegenstand durchsichtig.

In den meisten Fällen finden mehrere Prozesse gleichzeitig statt. Teile des Lichts, das auf ein Objekt fällt, werden an dessen Oberfläche reflektiert und zurück gestreut, während der übrige Teil absorbiert und in Wärmeenergie umgewandelt wird. Undurchsichtige Objekte, die wenig Licht streuen, erscheinen dunkel. Sie absorbieren mehr Anteile des Lichts und erwärmen sich daher stärker. Bei hellen Objekten ist es genau umgekehrt.

Das Sonnenlicht ist die „Standardbeleuchtung“ für das menschliche Sehsystem. Es wird meist als **neutrales Weiß** empfunden. Schnee, Milch, Salz, Mehl oder Zucker streuen das auftreffende Licht gänzlich und sind somit weiß. Die meisten Körper streuen und absorbieren Licht unterschiedlicher Wellenlängen unterschiedlich stark. Das gestreute Licht weist dann ein anderes Wellenlängen-Gemisch auf als das Sonnenlicht und erscheint uns entsprechend farbig.

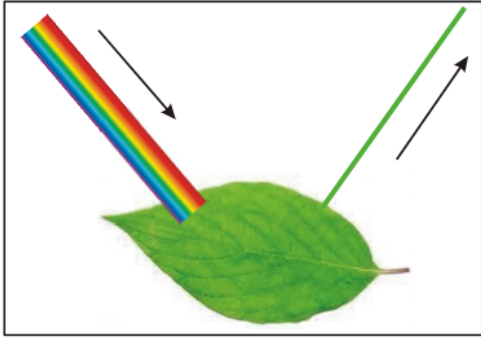


Abb. 3: Vereinfachte Darstellung zum Grün der Blätter:
Alle Spektralanteile außer grün werden absorbiert.

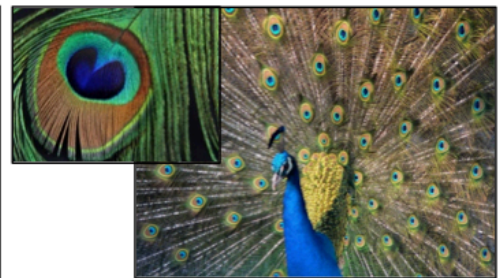
Die Farbe eines Gegenstandes, die wir wahrnehmen, ergibt sich durch die Mischung der gestreuten Lichtanteile. So erscheinen uns beispielsweise die meisten Blätter grün, weil sie diesen Spektralanteil des weißen Sonnenlichts nur wenig absorbieren, also stark streuen. Die anderen Anteile dagegen werden mehr oder weniger stark absorbiert.

(Der Richtigkeit halber muss aber hinzugefügt werden, dass das von den Blättern gestreute Licht auch einen nicht zu vernachlässigbaren Rotanteil hat. Wir sehen daher kein „reines“ Grün.)

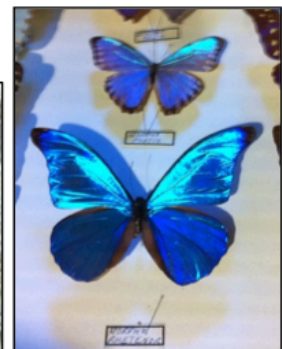
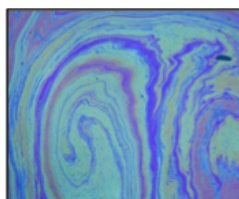
Farbstoffe sind chemische Substanzen oder Moleküle, die mit Licht in Wechselwirkung treten. Die meisten der natürlichen Farbstoffe sind organische Verbindungen, welche spezielle Atomgruppen, sogenannte Chromophoren besitzen, die je nach ihrer chemischen Struktur bestimmte Wellenlängenbereiche des sichtbaren Spektrums absorbieren.

Pigmente sind mikroskopisch kleine, meist kristalline, unlösliche, farbgebende Partikel, die wesentlich größer als die Farbstoffmoleküle sind. Ihre färbende Wirkung hängt wesentlich von ihrer Größe, ihrer Form, der Verteilung oder Oberflächenbeschaffenheit ab.

Da sich das Licht wie eine Welle verhält, ist es möglich, dass uns Dinge farbig erscheinen obwohl sie weder Pigmente noch Farbstoffe enthalten. Manchmal leuchten und schillern sie sogar besonders bunt. Die Rede ist von sogenannten **Strukturfarben** oder Interferenzfarben. In der Natur findet man sie beispielsweise bei den Flügeln der Schmetterlinge oder dem bunten Federkleid der Pfauen oder Kolibris. Aber auch außerhalb des Tierreichs kann man Interferenzfarben beobachten, z. B. das farbige Schillern von Seifenblasen oder Pfützen mit einem dünnen Ölfilm.



Vogelfedern: Star, Elster, Pfau



Seifenblasen & Benzinfilm

Schmetterlinge: Schillerfalter, Morpho

(Quelle: <http://129.70.40.49/nawi/learnprogramme/farben/index.php?page=13>)

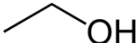
Versuch I: Die Chemie der Pflanzenfarbstoffe

§ Hilfestellung: Darstellung von Formeln am Beispiel von Ethanol

Summenformel (formule brute): $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

Valenzstrichformel (formule développée):



$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

Skelettformel (formule en bâtonnets): 

Keilstrichformel (formule dans l'espace):

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

Die Keilstrichformel wird meistens kombiniert mit einer Skelettformel verwendet. Dabei wird zum Teil auf die Darstellung der C-Atome und der H-Atome verzichtet.

 = nach vorne gerichtete Bindung  = nach hinten gerichtete Bindung

📖 Hintergrundinformationen: Formeln von einigen Blattfarbstoffen

Die am stärksten ins Auge fallende Farbe der Pflanzen, das **Grün**, wird durch **Chlorophylle** hervorgerufen. Ihr Name leitet sich von den griechischen Wörtern *chloros*: gelbgrün und *phyllos*: Blatt ab. Sie kommen in allen Geweben vor, in denen eine Photosynthese stattfindet. Sie sorgen dafür, dass Energie für den Aufbau von Kohlenhydraten (Stärke) aus Kohlenstoffdioxid und Wasser zur Verfügung steht - sie absorbieren Lichtenergie. Wir finden sie in den Chloroplasten der pflanzlichen Gewebe. Für die assimilierenden Pflanzenzellen ist vor allem das blaugrüne **Chlorophyll a** (Abb. 4) charakteristisch. Es unterscheidet sich von dem olivgrünen **Chlorophyll b** (Abb. 5) nur durch eine einzige Gruppe: beim Chlorophyll b ist die Methyl-Gruppe vom Chlorophyll a durch eine Aldehyd-Gruppe ersetzt worden.

Die wichtigsten Begleitstoffe der Chlorophylle sind die gelb, orange bis rot gefärbten Carotinoide. Von den Carotinoide kommt das **β-Carotin** (Abb. 6) in großen Mengen in der Karotte vor, daher auch der Name.

Die unterschiedlichen Farben bei der Verfärbung des Herbstlaubes beruhen auf dem zeitlich unterschiedlichen Abbau der einzelnen Pigmente der Blätter.

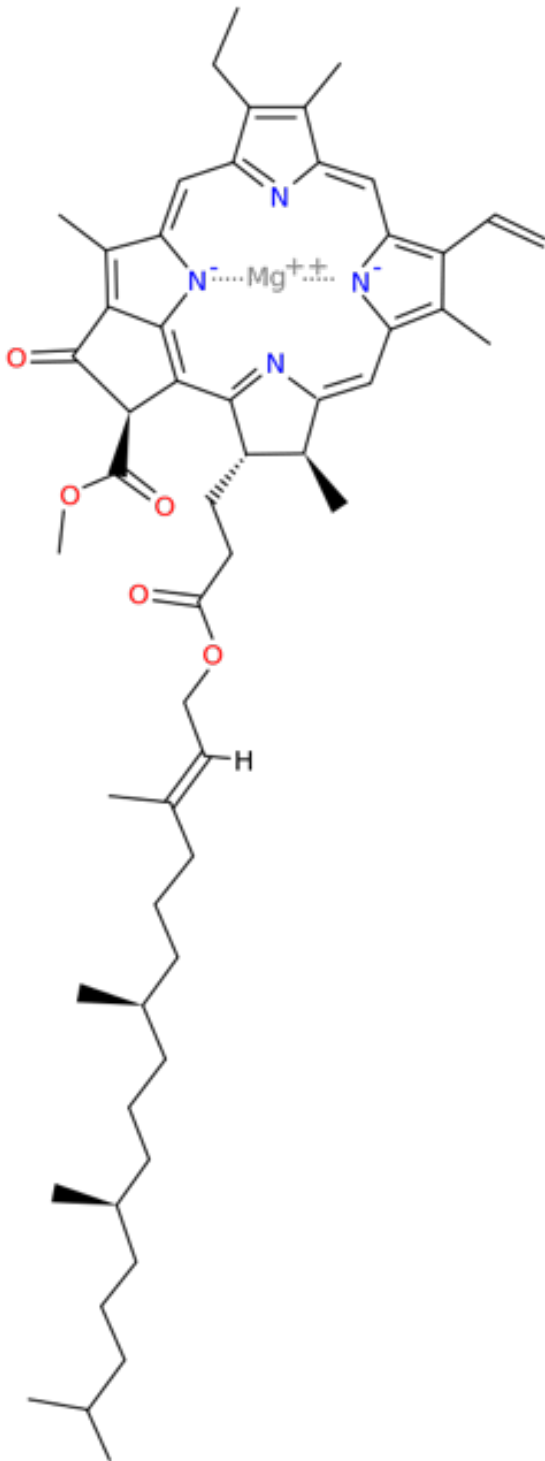


Abb. 4: Chlorophyll a

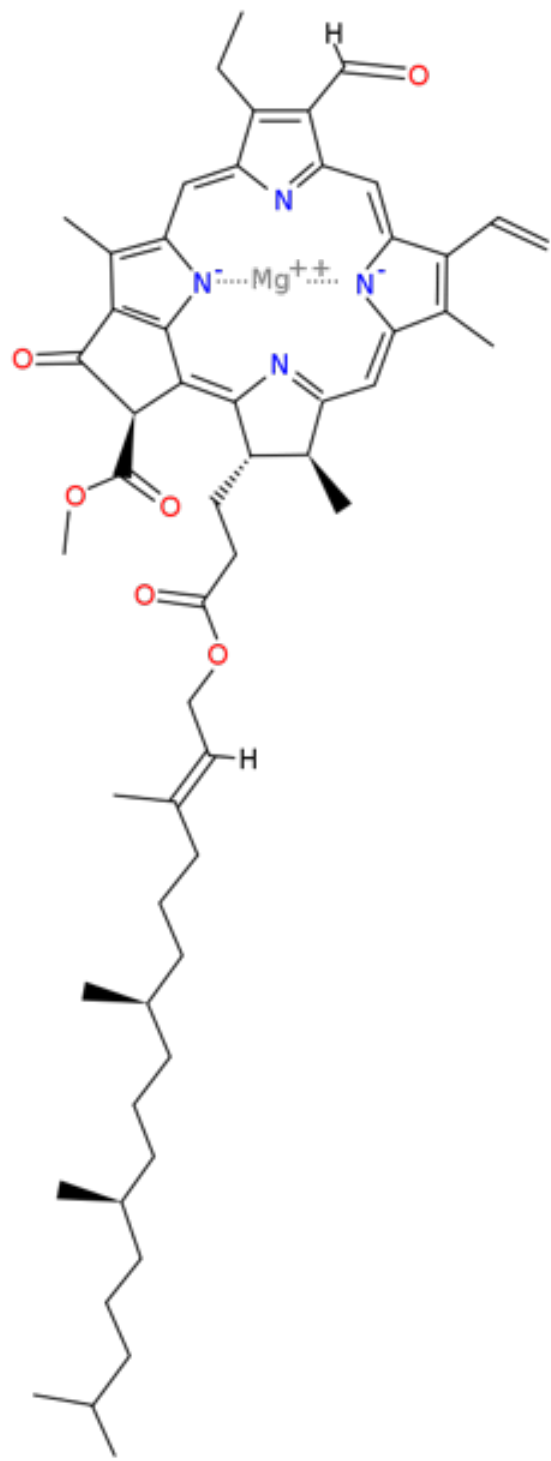


Abb. 5: Chlorophyll b

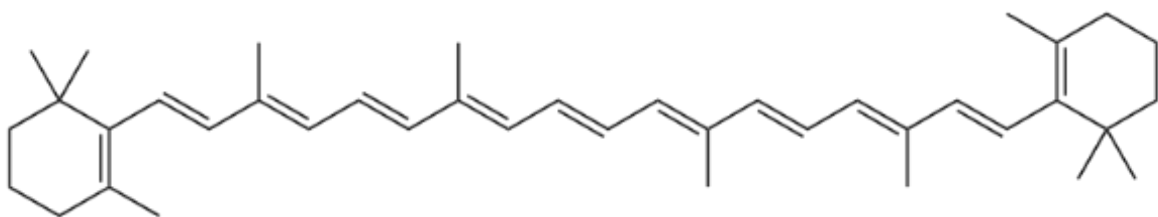
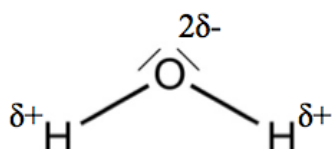


Abb. 6: β -Carotin

? Frage

- 1.1. Funktionelle Gruppen sind spezielle Atom-Anordnungen in einem Molekül, die die Eigenschaften von organischen Verbindungen prägen. Vergleiche die Moleküle der zwei Chlorophylle. Was versteht man unter *Methyl-Gruppe* und *Aldehyd-Gruppe*? Zeichne ihre Valenzstrichformeln.
 ⇒ Antwortbogen (2 P.)

📖 Hintergrundinformationen: Polare und unpolare Lösungsmittel

Das **Wasser-Molekül** hat eine gewinkelte Struktur und weil das Sauerstoff-Atom die Elektronen aus den zwei Bindungen (mit Wasserstoff) stark anzieht, entsteht am Sauerstoff-Atom eine negative Teilladung ($2\delta^-$), während die zwei Wasserstoff-Atome, jeweils eine positive Teilladung (δ^+) erhalten.

Das Molekül ist elektrisch neutral aber durch die Ladungsverschiebungen entsteht ein **Dipol-Molekül** mit einer negativ und einer positiv geladenen Seite (Minus- und Plus-Pol). Da Wasser aus Dipol-Molekülen besteht, bezeichnet man es als **polares Lösungsmittel**.

Andere Lösungsmittel wie z. B. Benzin oder Öle bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atomen; hier gibt es keine Ladungsverschiebungen, diese Moleküle sind also nicht polar. Bei diesen Lösungsmitteln handelt es sich um **unpolare Lösungsmittel**.

Nach dem Prinzip „Gleiches löst sich in Gleichem“ sind

- **polare Stoffe** nur in polaren Lösungsmitteln löslich, wie z. B. in Wasser. Man nennt sie hydrophile (oder lipophobe) Stoffe.
- **unpolare Stoffe** nur in unpolaren Lösungsmitteln löslich. Sie sind also nicht in Wasser löslich. Man nennt sie hydrophobe (oder lipophile) Stoffe.

? Frage

- 1.2. Wie nennt man Wasser-Öl-Gemische, d. h. Gemische aus zwei nicht miteinander mischbaren Flüssigkeiten?
 ⇒ Antwortbogen (1 P.)

✂ Arbeitsanweisungen: Analyse der hydrophoben/hydrophilen Eigenschaften der Pigmente**Material und Chemikalien**

- Mörser und Pistill, Spatel, Löffel, Messer, Trichter, 3 Faltenfilter, 3 Reagenzgläser im Reagenzglasgestell mit Gummistopfen, 25 mL-Messzylinder
- rote, grüne und gelbe Paprika, destilliertes Wasser, Sand, Speiseöl



Versuchsdurchführung:

Folgendes Protokoll wird durchgeführt für jeweils rote, grüne und gelbe Paprika:

- Verreibt in einem Mörser mit einer Spatelspitze Sand und etwa 5 mL Wasser sehr sorgfältig 2 Löffel klein geschnittene Paprika.
- Filtriert das gefärbte Wasser in ein Reagenzglas.
- Überschichtet das Filtrat mit ebenso viel Öl.
- Mischt den Inhalt des Reagenzglases 10 Sekunden lang heftig indem ihr das Reagenzglas gut schüttelt und lasst es 15 Minuten stehen.
- Wiederholt diesen letzten Vorgang (Mischen und Stehenlassen) 5 Mal.

Aufgabenstellung

1.3. Notiert die Beobachtungen.

1.4. Erklärt diese Beobachtungen, indem ihr darauf eingeht welche Farbstoffe in welcher Paprika enthalten sind. Was kann man über die Polarität der einzelnen Farbstoffe sagen?

⇒ Antwortbogen (3+4 P.)

Hintergrundinformationen: Erläuterungen zur Dünnschichtchromatographie (DC)

Die **Chromatographie** ist ein Trennverfahren, das es erlaubt die Zusammensetzung von Gemischen zu bestimmen. Für die **Dünnschichtchromatographie** verwendet man Plättchen, die mit einer dünnen Schicht eines sehr feinkörnigen Stoffes beschichtet sind. Diese Schicht bezeichnet man als **stationäre Phase**.

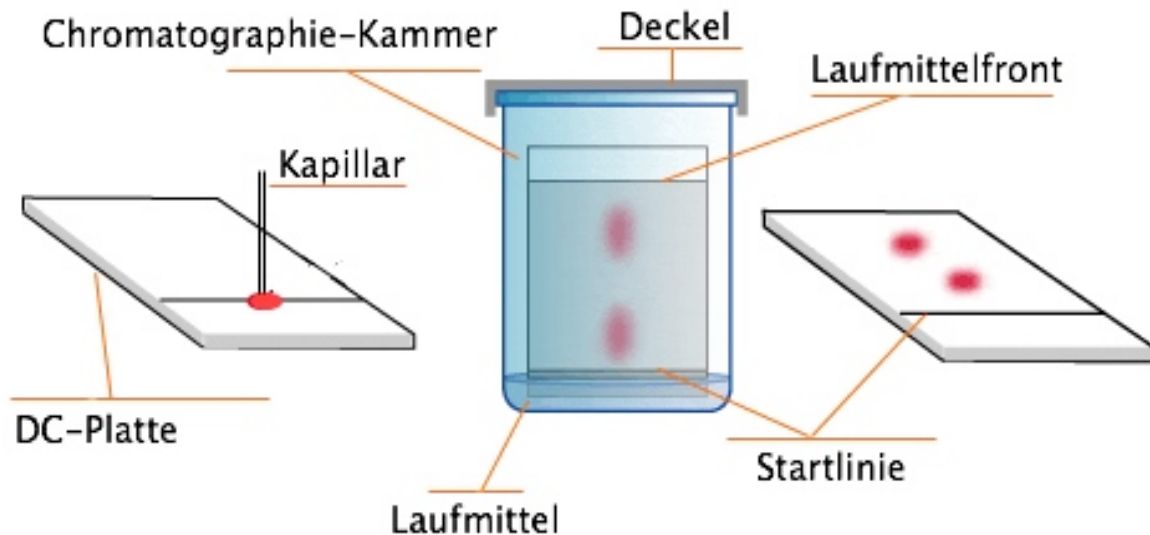
Das zu trennende Gemisch wird nun in der Nähe des unteren Randes des Plättchens punktförmig aufgetragen. Anschließend wird das Plättchen in ein Gefäß gestellt, das eine geringe Menge Flüssigkeit enthält. Diese Flüssigkeit bezeichnet man als **Laufmittel** oder **mobile Phase**.

Das Laufmittel steigt nun durch die Kapillarkraft in der Schicht hoch. Sobald die Flüssigkeit den aufgetragenen Gemischfleck erreicht hat, sind die Teilchen des Gemisches der Anziehungskraft der stationären Phase einerseits und der Anziehungskraft der mobilen Phase andererseits ausgesetzt. Je nachdem wie gut löslich ein Bestandteil des Gemisches im Laufmittel ist wandert er mehr oder weniger weit mit den Laufmittel nach oben.



Bei der Dünnschichtchromatographie wird das Verhältnis der Laufstrecke einer bestimmten Substanz mit der Laufstrecke der mobilen Phase als **Retentionsfaktor** (R_f Wert) definiert. Dieser Wert ist für jede Verbindung unter gegebenen chromatographischen Bedingungen charakteristisch.

$$R_f = \frac{\text{Entfernung von der Startlinie bis zur Mitte des Probensubstanzpunktes}}{\text{Entfernung von der Startlinie bis zur Laufmittelfront}}$$



✂ Arbeitsanweisungen: Trennung der Pigmente anhand einer Dünnschichtchromatographie

Material und Chemikalien

- Mörser und Pistill, Spatel, Löffel, 25 mL-Messzylinder, Chromatographie-Kammer mit Deckel, Trichter, 1 Faltenfilter, Erlenmeyerkolben, DC-Platte, Kapillarröhrchen
- DC-Laufmittel, Aceton, Brennnesselblätter, Sand



Versuchsdurchführung:

Achtung: das benutzte Laufmittel ist hochentzündlich: nicht in der Nähe einer Wärmequelle benutzen!

- **Unter dem eingeschalteten Abzug:** gebt 25 mL des DC-Laufmittels (ein Benzin-Aceton Gemisch 4:1) in die Chromatographie-Kammer und verschließt diese mit dem Deckel.
- Verreibt in einem Mörser mit einer Spatelspitze Sand und etwa 5 mL Aceton einen Löffel klein geschnittene getrocknete Brennnesselblätter.
- Filtriert die Lösung in einen kleinen Erlenmeyerkolben.
- Zeichnet 1,5 cm über der Unterkante der DC-Platte eine feine Linie mit Bleistift (= Startlinie). Die Silica-Gel-Schicht darf dabei auf keinen Fall beschädigt werden.
- Tragt nun mithilfe eines Kapillares einen kleinen Tropfen des Filtrates auf die Mitte dieser Linie auf.
- Nach dem Eintrocknen des Fleckes müsst ihr diesen Schritt mehrere Male wiederholen bis ein gut sichtbarer dunkelgrüner Fleck entsteht.
- **Unter dem eingeschalteten Abzug:** stellt nun die DC-Platte in die Chromatographie-Kammer und verschließt diese wieder mit dem Deckel.
- Lasst die Chromatographie laufen, bis die Laufmittelfront etwa 6 cm gelaufen ist. Nehmt die Platte aus der DC-Kammer und markiert sofort das Ende der Laufmittelfront mit Bleistift.

Hilfestellung: Interpretation dieser Chromatographie

Auf dem Chromatogramm kann man am Ende der Laufstrecke das gelbe β -Carotin erkennen. Des Weiteren ist das Chlorophyll b nicht so hoch gewandert wie das Chlorophyll a. Andere erkennbare Pigmente sind gelbe Xanthophylle (oxidierte Carotinoide) und braune Phäophytine (Abbauprodukte der Chlorophylle).

Aufgabenstellung

- 1.5.** Klebt die DC-Platte in den Antwortbogen.
⇒ Antwortbogen: Bewertung der Qualität (6 P.)

Joker

Fertige DC-Platte: Ein Jurymitglied fragen.
⇒ Antwortbogen (keine Punkte bei 1.5)

- 1.6.** Berechnet den Retentionsfaktor von β -Carotin und von Chlorophyll a.
- 1.7.** Handelt es sich bei dem Laufmittel eher um ein polares oder um ein unpolares Lösungsmittel?
- 1.8.** Erklärt anhand der Strukturformeln weshalb Chlorophyll b, Chlorophyll a und β -Carotin in dieser Reihenfolge getrennt werden.
- 1.9.** Überlegt euch, um welche Art Lösungsmittel es sich bei Aceton handeln muss, wenn man mit ihm sowohl Chlorophyll b, Chlorophyll a als auch β -Carotin aus den Blättern extrahieren kann.
⇒ Antwortbogen (6+1+5+2 P.)

Versuch II: Farben im Pflanzenreich



Die Blätter der Blütenpflanzen erscheinen uns grün, die Blüten und Früchte in allen möglichen Farben und Farbschattierungen. Wie aber sind diese Farben zu erklären? Die Farben der Pflanzen sind auf Farbstoffe zurück zu führen, die in verschiedenen Zellbestandteilen enthalten sind. Um welche Farbstoffe handelt es sich? In welchen Zellbestandteilen findet man sie? Wie kommt es zu Farbschattierungen?

Auf diese Fragen wollen wir bei folgenden Aufgaben eine Antwort finden.

Hintergrundinformationen: Aufbau der Pflanzenzelle

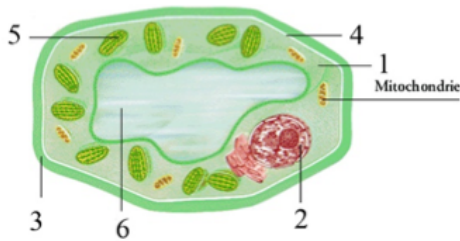


Abb. 7: Die Pflanzenzelle

In der Pflanzenzelle (Abb. 7) finden Stoffwechselreaktionen statt, die es ihr ermöglichen, Traubenzucker selbst herzustellen (Photosynthese). Der Traubenzucker kann einerseits als Energiequelle innerhalb der Zelle (Zellatmung) genutzt werden. Andererseits wird er jedoch auch in andere organische Stoffe umgewandelt, wie z. B. in Energiereserven (Stärke, Fette) oder in verschiedene Farbstoffe, wie die orange-gelben, fettlöslichen **Carotinoide** oder die violetten, wasserlöslichen **Anthocyane**.

Aufgepasst: die Struktur N°6 kann fast die ganze Zelle ausfüllen!

Im Inneren der Pflanzenzellen findet man meist eiförmige, gut sichtbare Organellen die man **Plastiden** nennt. Diese entstehen durch Umwandlung eines Protoplastiden in andere, spezialisierte Plastiden (Abb. 8): Chloroplasten mit Chlorophyll, Amyloplasten mit Stärke, oder Chromoplasten, welche Farbstoffe enthalten. Zur Bildung der Chloroplasten wird Licht benötigt – eine Rückbildung zu Protoplasten oder eine Umwandlung der einen in die andere Form ist ebenfalls möglich.

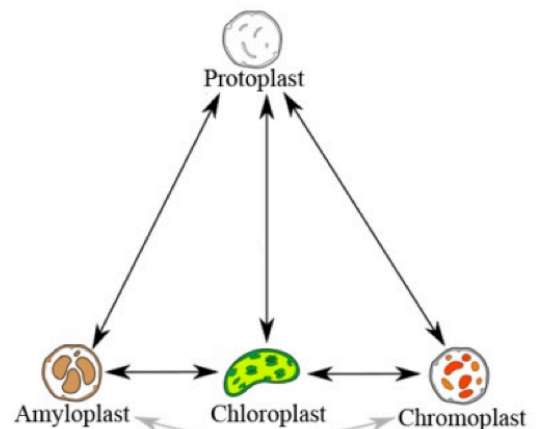


Abb. 8

Arbeitsanweisungen: Farbstoffe in den Pflanzenzellen

Zuerst sollt ihr herausfinden, in welchen Zellstrukturen Farbstoffe enthalten sind!

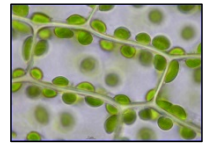
Material

Mikroskop, Objektträger & Deckgläschen, Pinzette, Nadel, Rasierklinge, Skalpell, Styropor, Bleistiftfarben, unterschiedliches Pflanzenmaterial.

A. Chloroplasten der Wasserpest (*Elodea canadensis*)

Durchführung:

Beobachtet bei 400-facher Vergrößerung ein Blatt der Wasserpest unter dem Mikroskop und identifiziert die einzelnen Zellbestandteile, welche auf der Zeichnung oben aufgeführt sind!



- 2.1. Identifiziert die einzelnen Zellbestandteile, welche auf der Zeichnung oben (Abb. 7) aufgeführt sind!
- 2.2. Erklärt wie die grüne Farbe der Pflanzenblätter zustande kommt.
⇒ Antwortbogen (3+1 P.)

B. Amyloplasten der Kartoffel (*Solanum tuberosum*)

Untersucht mithilfe des Lichtmikroskops die Struktur der Amyloplasten der Kartoffelknolle!



Durchführung:

Einige Zellen werden mithilfe des Skalpell aus dem Inneren einer Kartoffelknolle abgeschabt, und in einen Wassertropfen auf dem Objektträger überführt. Anschließend wird die Probe mit einem Deckgläschen abgedeckt. Amyloplasten sind farblos, und man erkennt unter dem Mikroskop exzentrische Wachstumsringe. Diese Ringe belegen, dass Stärkemoleküle nach und nach schichtweise im Stärkekorn eingelagert werden. Zum Suchen sollte die Aperturblende des Mikroskops deshalb zugezogen werden!

- 2.3. Sucht das bestmögliche Präparat aus und lasst es euch von einem Jurymitglied bewerten!
- 2.4. Zeichnet anschließend diese Stärkekörner. (Vergrößerung angeben)
- 2.5. Wenn eine Kartoffelknolle eine Zeit lang dem Tageslicht ausgesetzt ist, werden die Knollen grün! Wie kann man dies erklären?
⇒ Antwortbogen (1+2+2 P.)



C. Chromoplasten der Paprikafrucht (*Capsicum spp.*)

Durchführung:

Die anfänglich grünen Früchte der Paprikapflanze werden rot, wenn sie reif sind.

Zupft ein kleines, sehr dünnes Stückchen der Epidermis (Haut) einer Paprikafrucht ab, überführt es in einen Wassertropfen auf einem Objektträger. Bedeckt es mit einem Deckglas und beobachtet die Zellen unter dem Mikroskop bei unterschiedlichen Vergrößerungen (100x, 400x und 630x).



- 2.6. Zeichnet und beschriftet eine Zelle der Epidermis. (Vergrößerung angeben)
- 2.7. Erklärt wie die rote Farbe der Paprika zustande kommt.
- 2.8. Paprika gehören wie Tomaten zur Familie der Nachtschattengewächse (*Solanaceae*). Vor der Reifung sind Tomaten und Paprika zuerst grün und werden dann erst allmählich rot. Erklärt den Vorgang der Farbänderung!
- 2.9. Welchen Vorteil haben diese Pflanzen davon, dass ihre anfangs grünen Früchte zu roten Früchten heranreifen?
⇒ Antwortbogen (2+1+1+1 P.)



D. Violettfärbung der roten Zwiebel (*Allium cepa*)

Rote Zwiebeln besitzen fleischige Schuppenblätter, die von einer violetten äußeren Haut bedeckt sind. Diese stammt von wasserlöslichen Farbstoffen, den **Anthocyanen**. Typisch für diese Stoffe ist die Farbänderung, welche vom pH (Säuregehalt) des Zellinneren abhängt (Abb. 9).

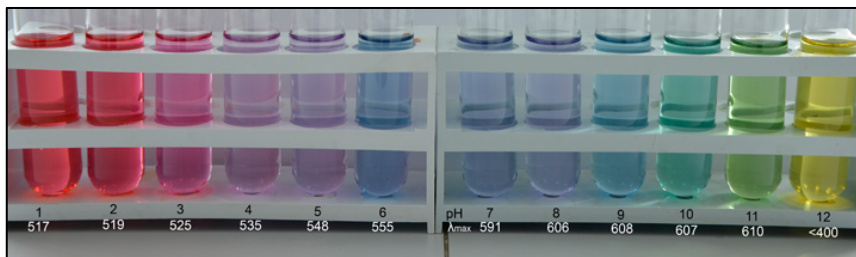


Abb. 9: Farborgel der Anthocyane: Unterschiedliche Farbabsorption in Abhängigkeit des pH

Im sauren Milieu überwiegen Rottöne, im neutralen bis leicht basischen Milieu vor allem Blau- und Violetttöne, und im stark basischen Bereich, Grün- bis Gelbtöne.

Durchführung:

Entnimmt mit der Pinzette ein Stückchen Epidermis (= äußeres rotes Häutchen) der Zwiebelschuppe und beobachtet sie, wie bei der Paprika, unter dem Mikroskop.



- 2.10. Zeichnet und beschriftet das Präparat von der Epidermis einer roten Zwiebel! (Vergrößerung angeben)
- 2.11. Erklärt wie die rote Farbe der Zwiebel zustande kommt.
- 2.12. Vergleicht eure Beobachtungen vom Zwiebelpräparat mit denen von Wasserpest und Paprika (siehe Aufgaben A und C). Haltet eure Beobachtungen in einer Tabelle fest. Um welche Farbstoffe handelt es sich jeweils, und in welchen zellulären Strukturen sind sie enthalten?
⇒ Antwortbogen (1+1+3 P.)

✂ Arbeitsanweisungen: Vielfarbigkeit der Blüten - Blütenfärbung

Bei vielen Zierpflanzen wurden die unterschiedlichsten Farbvarianten gezüchtet. Dabei sieht man oft, dass in einer Blüte viele Farben oder sogar Farbschattierungen nebeneinander vorliegen.



Primelvarianten



Stiefmütterchen

Wie sind diese unterschiedlichen Farben zu erklären? Wir werden versuchen, dies herauszufinden.

Dazu müsst ihr ein Blütenblatt des Stiefmütterchens (*Viola sp.*) entnehmen welches 3 Farbabschnitte (violett, gelb und schwarz) aufweist, einen Schnitt durch das Blütenblatt anfertigen und die Zellen der Epidermis bei unterschiedlichen Vergrößerungen unter dem Mikroskop beobachten.



Durchführung:

- Bringt einen Tropfen Wasser auf einen Objektträger. Schneidet einen senkrechten Spalt in die Styroporhalterung.
- Schneidet aus dem Blütenblatt ein unterschiedlich gefärbtes Stück heraus, und klemmt es in den Spalt der Styroporhalterung (Abb. 10).

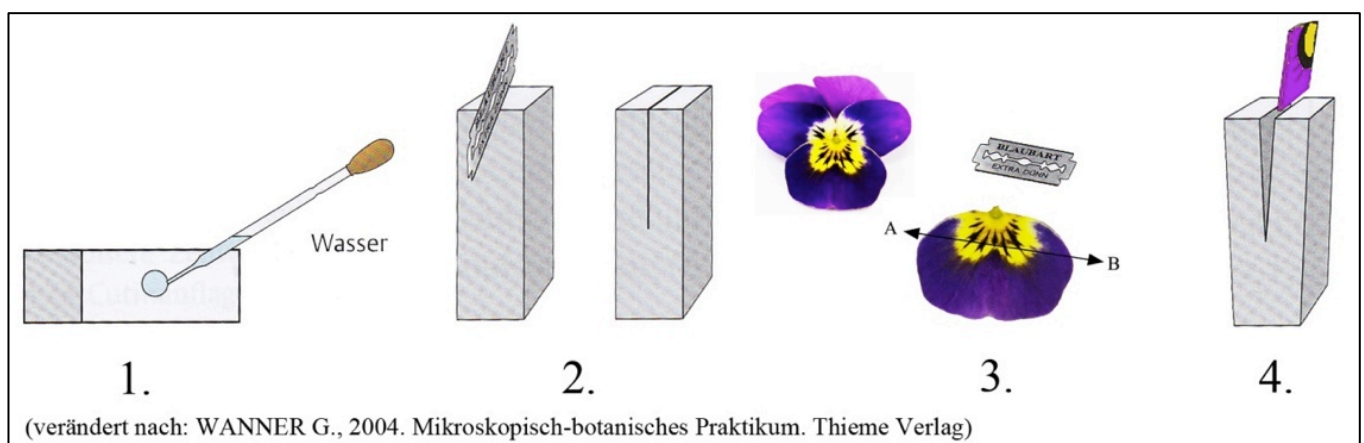


Abb. 10

- Mithilfe der Rasierklinge könnt ihr jetzt einen sehr sehr dünnen Schnitt durch das Blütenblatt anfertigen (wünschenswerter Schnitt hier entlang der Linie A-B) und sofort mit der Pinzette in den Wassertropfen überführen. (Abb. 11)

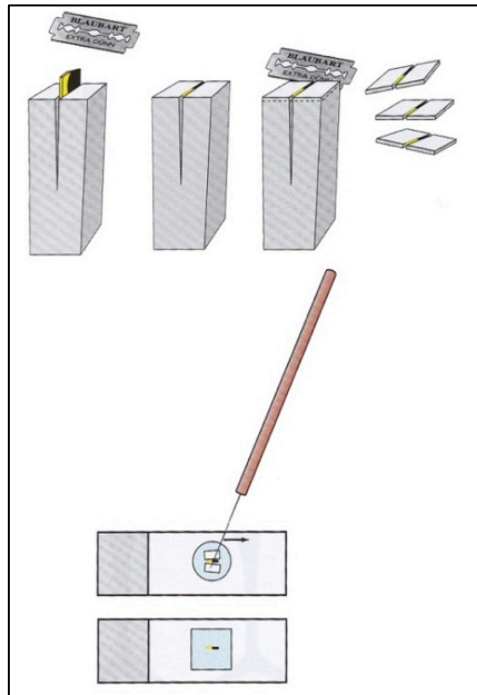


Abb. 11

Aufgepasst: Ihr solltet mehrere Testschnitte durchführen bevor ihr 2-3 Blattquerschnitte auf den Objektträger legt!

- Mit einem Deckglas abdecken und bei unterschiedlichen Vergrößerungen (100x, 400x und 630x) unter dem Mikroskop beobachten.

2.13. Sucht das bestmögliche Präparat aus, und lasst es euch von einem Jurymitglied bewerten!

2.14. Fertigt eine Übersichtszeichnung des Blattquerschnittes bei 100x Vergrößerung an.

⇒ Antwortbogen (3+3 P.)

- Bei starker Vergrößerung der Epidermiszellen sieht man die Zellstrukturen, welche gefärbt sind. Schaut euch zuerst einen violetten Bereich an, dann erst die gelben und schwarzen Bereiche!

2.15. Welche Zellstrukturen enthalten die verschiedenen Farbstoffe? Nennt die zellulären Strukturen, welche für die Blütenfarben gelb, violett und schwarz zuständig sind.

2.16. Ihr habt euch jetzt Wissen über Farbstoffe in Zellen sowie über die physikalischen Gesetze der Farbenlehre angeeignet. Wendet dieses Wissen an, um die Zellstrukturen sowie die Lichtstrahlen einzuzichnen, die die jeweilige Farbe des Blütenblattes vom Stiefmütterchen erklären (In die vorgesehenen Zellen der Epidermis des Blütenblattes)! (Siehe Abbildung im Antwortbogen)

2.17. Warum sehen wir einen Teil der Blüte schwarz?

⇒ Antwortbogen (3+6+2 P.)

Versuch III: Die Farben des Lichts

In der Einleitung habt ihr so manches über das natürliche Sonnenlicht und die Farben in der Natur erfahren.

Doch wie verhält es sich mit dem Licht künstlicher Lichtquellen? Ihr Licht ist meistens nicht genauso „weiß“ wie dasjenige der Sonne. Glühlampen emittieren ein gelblicheres Licht, Leuchtströhen oft eher ein bläuliches.

Physiker analysieren Licht, indem sie das Spektrum des Lichts bestimmen. Das heißt, sie untersuchen, aus welchen verschiedenen Wellen das Licht zusammengesetzt ist.

Die Spektren künstlicher Lichtquellen können aus unendlich viele Wellenlängen bestehen, oder aus nur einigen ganz bestimmten (Abb. 12).

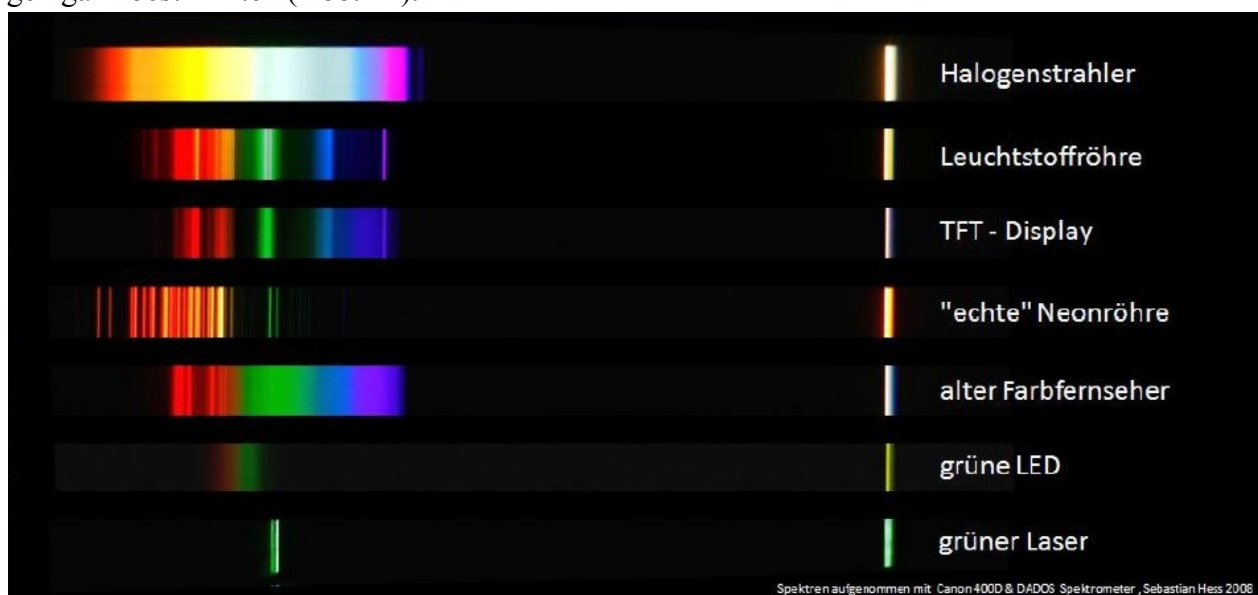


Abb. 12: Verschiedene Spektren künstlicher Lichtquellen

✂ Arbeitsanweisungen

A. Lichtanalyse mithilfe eines optischen Gitters

Mithilfe eines optischen Gitters bestimmt ihr die Wellenlängen des Lichts einer **Wasserstoff-Spektrallampe**. Im Gegensatz zum weißen Licht der Sonne und auch zum gelblicheren Licht einer Kerze, enthält das Licht des (angeregten) Wasserstoffgases nur ganz bestimmte Wellenlängen, also Farben!

Versuchsmaterial

- Optisches Gitter mit 600 Linien pro Millimeter, Multispektralbrille, ein Stück Multispektralfolie, Halterung für Gitter und Folie, Wasserstoff-Spektrallampe, Leuchtstoffröhre, Kerze mit Zündholz, Maßstab, Halter mit Dreifuß für optisches Gitter oder Multispektralfolie, Taschenlampe, Pfauenfeder, 2 verschiedene Schmetterlinge (gemeinsam für 2 Gruppen)

Die Spektrallampe darf nicht berührt werden. Bei Problemen ein Jurymitglied um Hilfe bitten.

Versuchsaufbau:

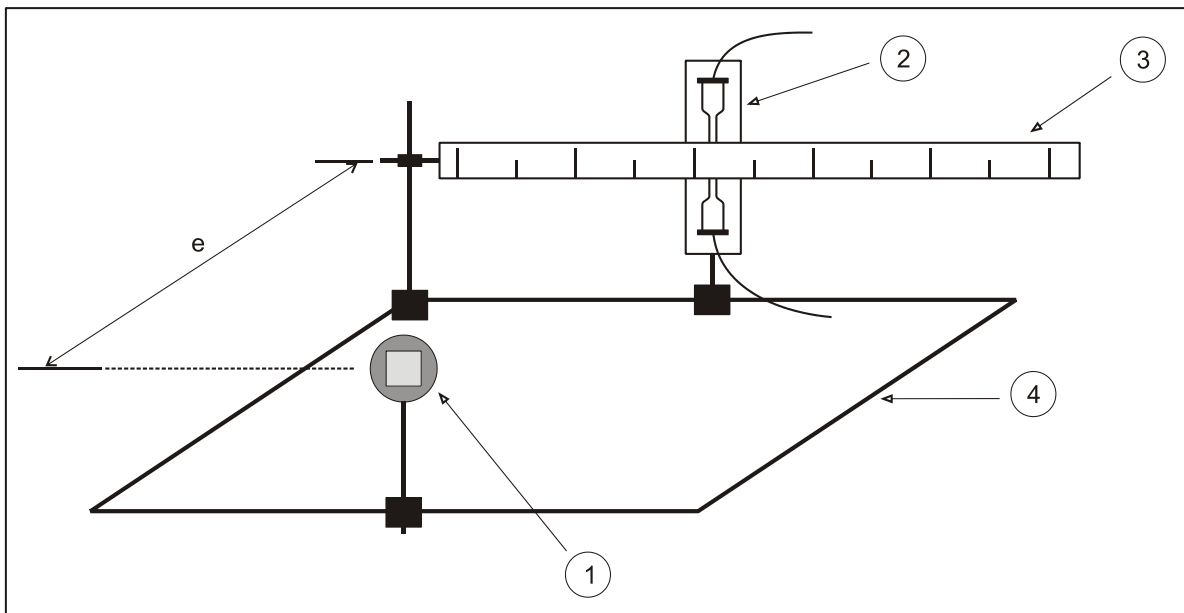


Abb. 13: Versuchsaufbau für die Wellenlängenmessung mit Gitter. 1: Gitter in Halterung. 2: Wasserstoff-Spektrallampe. 3: Maßstab. 4: Tischplatte.

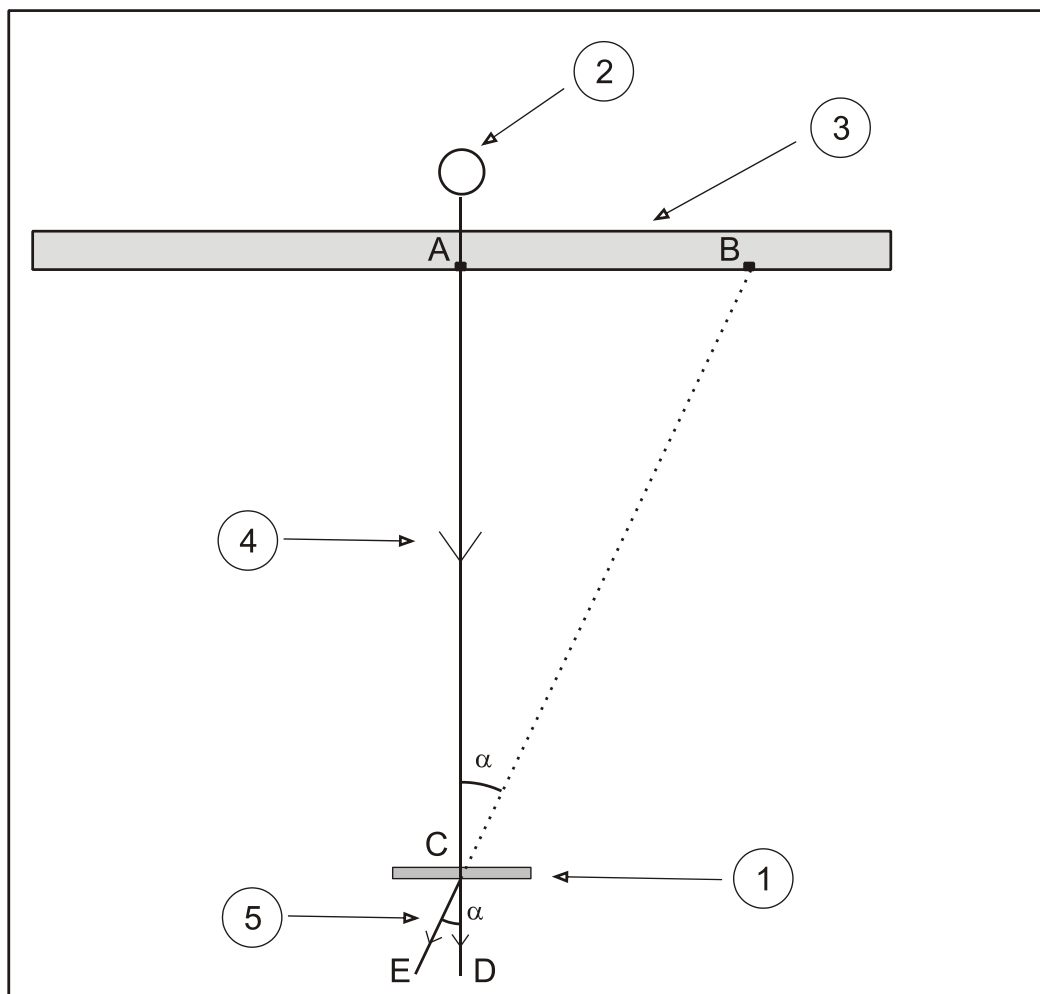


Abb. 14: Draufsicht des Versuchsaufbaus. 1: Gitter. 2: Wasserstoff-Spektrallampe. 3: Maßstab. 4: Von der Wasserstoff-Spektrallampe ausgehender Lichtstrahl. 5: Vom Gitter ausgehende Lichtstrahlen.

Die Wasserstoff-Spektrallampe steht so nahe wie möglich hinter dem Maßstab. Die Distanz $AC = e$ soll um die 80 cm betragen.

Schaut man durch das Gitter auf die Lampe, so sieht man, hinter dem Maßstab, einerseits die helle Lampe, und andererseits links und rechts davon farbige Bilder der Lampe. Da die Lampe vertikal aufgestellt ist und dazu auch noch ziemlich dünn ist, sieht man praktisch Striche. Der zentrale helle Strich der Lampe besteht aus dem ganzen Licht, das von der Lampe ausgestrahlt wird. Die farbigen Striche bestehen aus Licht von nur einer einzigen Wellenlänge. Je nach Wellenlänge tritt dieses Licht aus einer anderen Richtung in unser Auge.

Um das zu verstehen, sollt ihr das Hintergrundwissen Dokument „Wie funktioniert eine Multispektralbrille?“ sorgfältig durchlesen. Schaut dabei durch das Gitter, die Multispektralfolie und die Multispektralbrille auf die Wasserstoff-Spektrallampe und auf die brennende Kerze.

3.1. Verständnisfragen zum Dokument

⇒ Antwortbogen (5 P.)

Zurück zum Versuch: Wenn ihr durch das Gitter schaut, dann treffen vom Gitter ausgehende Lichtstrahlen in euer Auge. Zum Beispiel der Lichtstrahl CD auf Abb. 14: es ist der von der Lampe emittierte Lichtstrahl AC, der ohne Ablenkung das Gitter durchquert hat. Oder der Lichtstrahl CE: er besteht aus dem farbigen Licht einer ganz bestimmten Wellenlänge λ . Du siehst diesen Lichtstrahl unter dem ganz bestimmten **Schwinkel** α . Ihr seht ihn so, wie wenn dieser Lichtstrahl von Punkt B ausgegangen wäre. Daher erscheint er vor der Markierung B!

Der Schwinkel α lässt sich durch die Messung der Abstände AC und AB des rechtwinkligen Dreiecks (ABC) bestimmen.

Das Licht der Wasserstoff-Spektrallampe besteht aus drei verschiedenen gut erkennbaren Wellenlängen, oder wie die Physiker sagen, aus drei **Spektral-Linien**.

3.2. Bestimmt für diese Spektrallinien, für einen bestimmten Abstand AC, die Abstände AB und berechnet daraus den Schwinkel α . (Siehe Joker!!!)

Berechnet anschließend jeweils die Wellenlänge und tragt alle Resultate in die Tabelle ein.

Lasst die Tabelle von einem Jurymitglied bewerten. Falsche Werte für die Wellenlänge werden berichtigt, und ihr könnt den nachfolgenden Versuch mit den richtigen Werten durchführen.

⇒ Antwortbogen (9 P.)

☺ Joker

Formel zur Berechnung des Schwinkels: Ein Jurymitglied fragen.

⇒ Antwortbogen (Minuspunkte: -2 P.)

B. Analyse der Struktur einer Multispektralfolie (Multispektralbrille)

3.3. Mithilfe der nun bekannten Wellenlängen des Lichts der Wasserstoff-Lampe sollt ihr für die Multispektralfolie die Linienzahl pro Millimeter bestimmen.

Übrigens ist diese Anzahl in den beiden quer zueinander stehenden Richtungen die Gleiche.

⇒ Antwortbogen (8 P.)

C. Interpretation des Schillerns einer Pfauenfeder

Je nachdem mit welchem Schwinkel ihr auf die Pfauenfeder schaut, seht ihr unterschiedliche Farben. Diese Farben entstehen genau wie beim Gitter durch die **Struktur der Oberfläche**. Allerdings mit dem Unterschied, dass das Licht das Gitter durchquert, die Feder das Licht jedoch reflektiert.

3.4. Schaut euch die Feder aus allen Blickwinkeln genau an, und notiert eure Beobachtungen über das Erscheinen der unterschiedlichen Farben.

3.5. Gebt nun die wissenschaftliche Interpretation für das Beobachten der unterschiedlichen Farben an.

⇒ Antwortbogen (2+2 P.)



Abb. 15: Pfauenfeder

D. Nanostruktur der Schuppen des Morphofalters *Morpho rhetenor* (Br. Guyana)

Dieser blaue Morphofalter beeindruckt wegen seiner besonders schimmernden blauen Farbe. Sie entsteht aufgrund der Abstände und der Dicke der einzelnen Lamellen (Abb. 16).

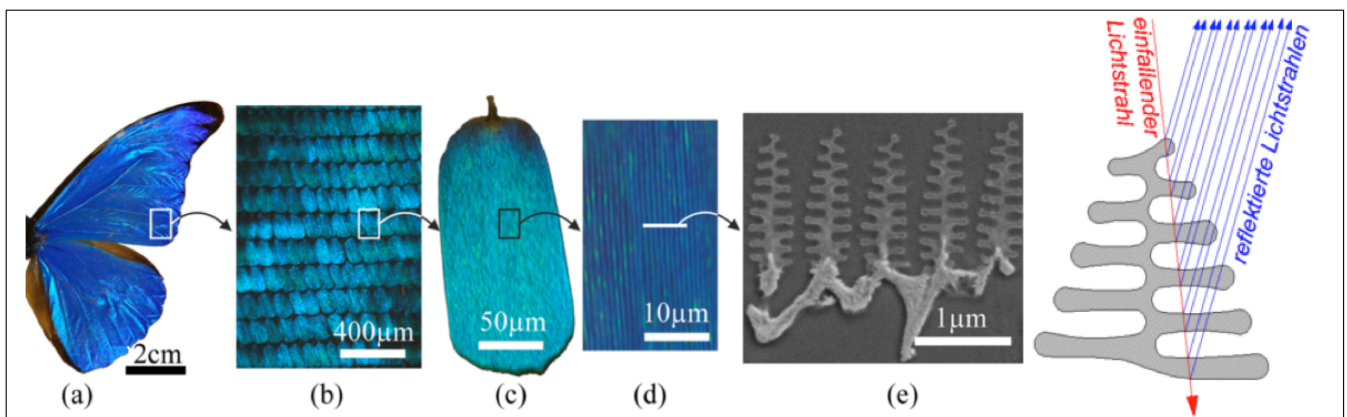


Abb. 16: Die Flügel des Morphofalters bestehen aus lauter Schuppen, die eine bäumchenartige Struktur von Lamellen aufweisen. Das einfallende Licht wird an diesen Strukturen mehrfach reflektiert.

3.6. Bei senkrecht zu den Lamellen einfallendem Licht hat das blaue reflektierte Licht, das sich durch Überlagerung verstärkt, eine Wellenlänge von 480 nm. Bestimmt mithilfe dieser Angaben den Abstand der Lamellen. (Erklärt eure Überlegungen.)

⇒ Antwortbogen (2 P.)

E. Schillerfarben des *Morpho zephyritis* (Peru)

3.7. Beobachtet die Flügel des helleren Morphofalters, *Morpho zephyritis* (Abb. 17), bei unterschiedlichen Winkeln des einfallenden Lichts. Wie verändert sich die Wellenlänge der verstärkten Lichtwelle, wenn man den Schwinkel nach und nach vergrößert?

⇒ Antwortbogen (2 P.)



Abb. 17: *Morpho zephyritis*