



## II.C.48

### Vielfalt organischer Verbindungen

# Lichtmessung mittels DIY-Fotometrie – Können Farbstoffe gemessen werden?

Ein Beitrag von Laura Nowak und Marcel Damberg



© pinstock/E+

In dieser Unterrichtseinheit werden die Grundlagen der Fotometrie gelegt und mithilfe von im schul-eigenen *Maker Space* produzierten DIY-Fotometern eine Konzentrationsmessung des Farbstoffs Orange II durchgeführt und die Konzentration von Koffein in Energy Drinks fotometrisch ermittelt. Anhand der iodometrischen Titration als Vergleichsverfahren werden Inhalte zurückliegender Unter-richtseinheiten wiederholt.

---

#### KOMPETENZPROFIL



|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Klassenstufe:</b>         | LK/GK Q2 (13)  |
| <b>Dauer:</b>                | 8–11 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 7)   |
| <b>Kompetenzen:</b>          | Die Lernenden ... 1. erklären die Farbigkeit von Stoffen durch Licht-absorption; 2. erläutern den Zusammenhang von Farbigkeit und Molekülstruktur (UF1, E6); 3. werten Absorptionsspektren fotometri-scher Messungen aus (E5); 4. berechnen die Farbstoffkonzentration in Lösungen (E5); 5. beschreiben und diskutieren aktuelle Entwick-lungen im Bereich organischer Werkstoffe und Farbstoffe (K4). |
| <b>Thematische Bereiche:</b> | Fotometrie, Absorptionsspektren, Konzentrationsbestimmung, Lambert-Beer'sches Gesetz, Iodometrie, Lichtabsorption, Farbstoffe  |

---

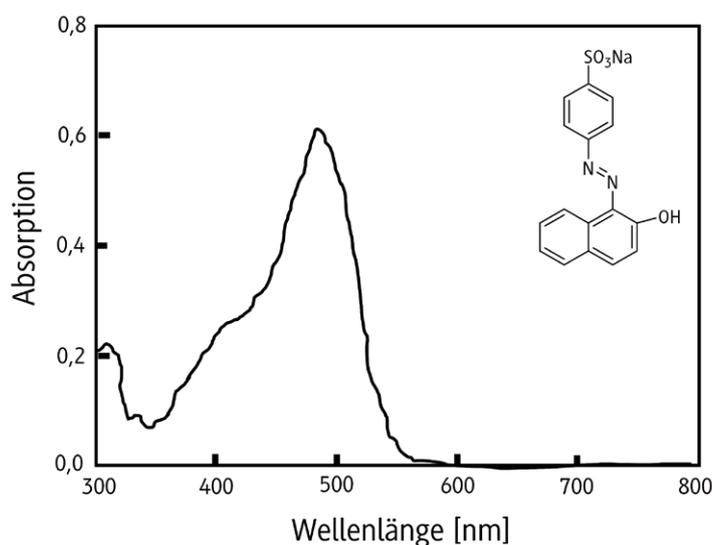
## Hintergrundinformationen

### Prinzip der Fotometrie

Die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie wird in der Analytik vielfältig verwendet. Elektromagnetische Strahlung wechselwirkt mit Materie, also den Teilchen der Analyseprobe, was physikalisch gemessen werden kann. Bei der Fotometrie wird die Wechselwirkung als Absorption, der Probe, also Schwächung der Strahlung des UV- oder sichtbaren Bereichs (UV/Vis), ausgenutzt. Durchstrahlt UV/Vis-Strahlung breitbandig Materie, wird Licht bestimmter Wellenlängen oder Wellenlängenbereiche absorbiert. Man erhält ein Absorptionsspektrum der gelösten Probe.

### Farbstoff Orange II

Bei dem zum Färben von Textilien und Kosmetika sowie als Säure-Base-Indikator bekannten Azofarbstoff Orange II (Acid Orange 7) wird bei der Fotometrie vornehmlich sichtbares Licht im Bereich von 485 nm (Spektralfarbe Grünblau) absorbiert und damit die Komplementärfarbe Orange wahrgenommen.



Nach <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1010603006001572>; Abruf vom 06.04.2022

Abb. 1: Absorptionsspektrum des Azofarbstoffes Orange II

### Historische Grundlagen der Fotometrie

Die experimentellen Grundlagen zur modernen Fotometrie mit digitaler Auswertung sind nicht neu. Experimentell wurden drei Aspekte entdeckt, die die Grundlagen zur Fotometrie darstellen: Der Physiker Pierre Bouguer entdeckte 1729, dass die Durchlässigkeit einer Lösung von der Schichtdicke abhängt. Der Physiker Johann Heinrich Lambert konnte 1760 zeigen, dass diese Abhängigkeit exponentiell ist. Dass die Absorption abhängig von der Konzentration ist, konnte der deutsche Naturwissenschaftler August Beer im Jahre 1852 zeigen.

Damit waren die Grundlagen geschaffen, die Abnahme der Lichtintensität in einer homogenen Lösung für einen einzigen absorbierenden Stoff abzuleiten. Daraus ergab sich die Herleitung des Lambert-Beer'schen Gesetzes. Im schulischen Bereich entscheidend ist dabei, dass die Extinktion  $E$  einer gelösten lichtabsorbierenden Substanz proportional zu ihrer Stoffmengenkonzentration  $c$  und zur Schichtdicke  $d$  der Messküvette steht. Die konstante Schichtdicke  $d$  wird im Fotometer durch eine

immer gleiche Küvette aus Glas oder Kunststoff gewährleistet. Als Proportionalitätsfaktor fungiert der molare Extinktionsfaktor  $\varepsilon$  (für sehr verdünnte Lösungen):

$$E = \varepsilon \cdot d \cdot c$$

### Fotometrische Messung zur Konzentrationsbestimmung

Zur Konzentrationsbestimmung mittels Fotometrie wird monochromatisches Licht der maximalen Absorption verwendet. Bei Orange II sind dies 485 nm. Bei der Referenzmessung wird das Licht zunächst durch die Messküvette mit Wasser gesendet. Der sich ergebende Messwert wird auf eins eingestellt. Zur nachfolgenden Kalibrierung erfolgen mindestens zwei bis bestenfalls zehn Messungen der zu untersuchenden Substanz mit unterschiedlichen bekannten Konzentrationen. Da sich die Extinktion  $E$  und die Stoffmengenkonzentration  $c$  direkt proportional zueinander verhalten, erhält man so graphisch aufgetragen eine Kalibriergerade. Nun wird die Probe unbekannter Konzentration fotometrisch gemessen. Mithilfe der Kalibriergerade wird anhand der gemessenen Extinktion die Stoffmengenkonzentration  $c$  der Probe abgelesen.

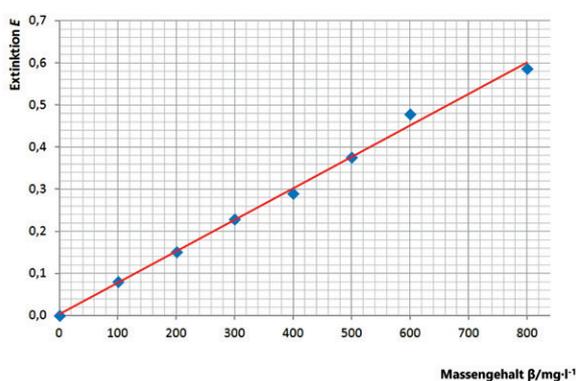


Abb. 2: Kalibriergerade von Koffeinperiodid

**Hinweis:** Bei der Messung von Lebensmittelfarbstoffen (z. B. Gelborange S, E110) oder Getränkebestandteilen (z. B. Koffein) wird  $c$  als Massenkonzentration  $\beta$  (Einheit g oder mg pro l) angegeben.

## Hinweise zur Methodik und Didaktik

### Vorausgesetztes Hintergrundwissen

Diese Einheit stellt den Abschluss der Unterrichtsreihe zur Farbstoffchemie im Leistungs- oder Grundkurs der Q2 dar. Anders als in üblichen Darstellungen in Schulbüchern und Kernlehrplänen wird die Fotometrie nicht direkt am Anfang der Unterrichtsreihe thematisiert, sondern intensiv zum Abschluss. Die Lernenden haben im vorhergehenden Unterricht bereits die Farbigkeit von Stoffen verschiedener Farbstoffklassen mit allen physikalischen Grundlagen kennengelernt, die Synthese von Farbstoffen durchgeführt (Azofarbstoffe, hier Orange II im Schülerversuch; Triphenylmethanfarbstoffe, z. B. Fluorescein und Anthrachinonfarbstoffe/Carbonylfarbstoffe: Alizarin und Indigo) und die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen der Farbstoffe mit denen von ausgewählten Textilien in Theorie und Praxis in Färbeversuchen zur Anwendung gebracht. Damit sind alle Grundlagen für die vorliegende Einheit gelegt. Elementar für die Durchführung der Einheit sind allerdings nur die physikalisch-chemischen Grundlagen zu „Farben durch Lichtabsorption“ (Spektralfarben, additive und subtraktive Farbmischung, Komplementärfarben), „Energienstufenmodell“ und „Struktur und Farbigkeit“.

### Aufbau der Unterrichtseinheit

Der Einstieg in die **erste Unterrichtsstunde (1. Stunde)** der Einheit erfolgt über die Ishihara-Farbtafel zur Rot-Grün-Sehschwäche als stummer Impuls (**M 1**). Nach einem kurzen Unterrichtsgespräch ist die Leitfrage erarbeitet: „Wie kann ich Farben und Farbstoffkonzentrationen empirisch bestimmen?“ In der sich daran anschließenden Phase der Hypothesenbildung gelangt man im Unterrichtsgespräch mit Reaktivierung des physikalischen Vorwissens zu den einfachen Grundlagen der Fotometrie.

Anschließend werden Bauteile und Aufbau eines UV/Vis-Fotometers mithilfe von **M 2a** in Think-Pair-Share-Methode durch die Lernenden erarbeitet und präsentiert. Die Aufgaben können alternativ auch als digitale *LearningApps*-Übungen erarbeitet werden oder durch Austeilen der zugehörigen Word-Datei des Arbeitsblatts (siehe **Online-Archiv** zum Download) direkt darin interaktiv bearbeitet werden. Sollte eine analoge Bearbeitung anhand einer Hardcopy erfolgen, sollte der Aufbau des Fotometers zunächst von der Lehrkraft geprüft werden, bevor die Lernenden ihn in ihr Heft einkleben. Nach Bearbeitung von Aufgabe 1 wird diese im Plenum vorgestellt und anschließend die Bauteile des Fotometers in Aufgabe 2 unter Zuhilfenahme des Informationstextes **M 2b** tiefgehend bearbeitet. Diese Aufgabe kann alternativ als digitale *LearningApp* auf etwas einfacherem Niveau bearbeitet werden.

Ein Ausstieg aus der ersten Unterrichtsstunde kann über erste exemplarische fotometrische Demonstrationsmessungen erfolgen. So kann z. B. die Messung eines Absorptionsspektrums einer Orange-II-Lösung oder einer anderen farbigen Lösung erfolgen, um den Lernenden den Zusammenhang zwischen den physikalischen Grundlagen von Farbigkeit und Absorption zu visualisieren.

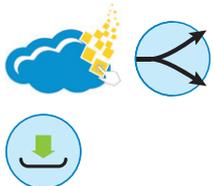
Aus der Theorie geht es in der **folgenden Doppelstunde (2./3. Stunde)** in die Praxis über. Der Einstieg in die Doppelstunde erfolgt durch das Zeigen der Orange-II-Kalibrierlösungen. Durch die unterschiedlich intensiv gefärbten Lösungen wird der Zusammenhang zwischen Konzentration und Farbigkeit deutlich. Es kann ein Bezug zur Fotometrie hergestellt werden. Nach Erarbeitung der Leitfrage „Wie kann die Konzentration einer Lösung mittels Fotometrie bestimmt werden?“ werden Hypothesen gesammelt. Mithilfe des Informationsblattes **M 3** kann das Lambert-Beer'sche Gesetz im Plenum hergeleitet und nachvollzogen werden.

Alternativ könnte auch das Lambert-Beer'sche Gesetz vorgegeben werden. Um gerade im Leistungskurs ein besseres Verständnis für das Gesetz zu gewährleisten, ist es allerdings wünschenswert, die Herleitung ebenfalls zu besprechen.

Um die Theorie in der Praxis umzusetzen, wird nun in einem Schülerdemonstrationsversuch unter Einsatz eines Schulspektralfotometers (z. B. *uniSpec2 Spectrophotometer* von *LLG Labware*) die Massenkonzentration einer Lösung des Farbstoffes Orange II ermittelt (**M 4a**). Das Vorgehen für die Konzentrationsbestimmung mittels der Fotometrie wird in **M 4b** dargestellt und kann den Lernenden in der Auswertung als Hilfe dienen. Abschließend werden die Ergebnisse im Plenum besprochen und die Leitfrage der Stunde beantwortet. Der im Versuch zum Einsatz kommende Farbstoff Orange II wurde idealerweise im Schülerversuch in der vorherigen Unterrichtsreihe zu Azofarbstoffen von den Lernenden selbst hergestellt. Ein Derivat von Orange II stellt Gelborange S dar, das als E 110 Verwendung in Lebensmitteln und Getränken wie Aperol findet. Die Lösung von Orange II ähnelt dem Aussehen von Aperol, sodass ein Anwendungskontext aus der Verknüpfung mit der vorherigen Unterrichtseinheit transferiert werden kann.

Die Lernenden sind nunmehr in der Auswertung der fotometrischen Untersuchung geschult, denn sie haben mittels *Excel/Numbers* auf ihrem iPad/Tablet eine Kalibriergerade erstellt und können so anhand der Extinktion der Lösung unbekannter Farbstoffkonzentration die Massenkonzentration des Farbstoffes Orange II ermitteln.

**Hinweis:** Es bietet sich vergleichend an, dass eine Gruppe herkömmlich mit Millimeterpapier und Bleistift die Auswertung vollzieht.



Zur weiteren Vertiefung und Festigung der Kenntnisse zur Konzentrationsbestimmung mit einem Fotometer kann **M 5** als Übung eingesetzt werden. Dort wird der Lebensweltbezug mit Paracetamol gezogen und ein Beispiel im UV-Bereich gezeigt. Da die Werte der Quantifizierung von Paracetamol einer realen Messung entnommen sind, ist es denkbar, diese fotometrische Bestimmung nach dieser Vorschrift mit den Lernenden durchzuführen.

Der Einstieg in die **nächste Doppelstunde (4./5. Stunde)** erfolgt unter der Überschrift „Aus Groß mach Klein“. Den Schülerinnen und Schülern ist bislang nur das „große“ Schulfotometer bekannt. Zu Beginn der Unterrichtsstunde wird das DIY-Fotometer gezeigt, welches nur einen Bruchteil so groß ist. Im Unterrichtsgespräch werden die Bauteile eines Fotometers wiederholt und aufgezeigt, welche Elemente in dem DIY-Fotometer ebenfalls vorhanden sein müssen. Danach bearbeiten die Lernenden das interaktive Arbeitsblatt **M 6**, in dem die Bauteile des DIY-Fotometers mit einem konventionellen verglichen werden. Dies dient als Wiederholung der Funktionen der Bauteile und soll den Aufbau des DIY-Fotometers und die Parallelen zum konventionellen Fotometer bewusst machen. Im anschließenden Unterrichtsgespräch werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Fotometer herausgestellt. Sollte es nicht möglich sein, den Lernenden das Arbeitsblatt digital im Word-Format zukommen zu lassen, kann dies als Hardcopy erfolgen und die Bauteile werden als Nummern eingetragen. Die Word-Datei ist einzeln im **Online-Archiv** als Download verfügbar.

In der anschließenden Praxisphase (**M 7**) messen die Lernenden die Orange-II-Lösungen der vorangegangenen Stunde erneut mit dem DIY-Fotometer. Sie sollen den Umgang mit den DIY-Fotometern kennenlernen. Entscheidend dabei sind der Abruf der Daten mit einem digitalen Endgerät über die IP-Adresse des Microcontrollers, die Abdeckung der Küvette mit dem Deckel zur Verdunklung der Probe und die vorsichtige Entnahme der Küvette aus dem DIY-Fotometer.

Abschließend werden die Aufgaben zu **M 7** besprochen, indem die Werte von dem konventionellen Fotometer mit denen des DIY-Fotometers verglichen und mögliche Fehlerquellen aufgezeigt werden. Zum Einstieg in die **nächste Doppelstunde (6./7. Stunde)** wird die Geschichte des Chemielaboranten Jonathan vorgelesen, der einen Energydrink in seiner Mittagspause trinkt (**M 8**). Im Unterrichtsgespräch wird eine Leitfrage entwickelt: „Wie viel Koffein ist in dem Energydrink enthalten?“. Die Schülerinnen und Schüler werden nach ihren Alltagserfahrungen zu Energydrinks und einer Hypothese sowie Lösungsvorschläge zur Beantwortung der Leitfrage gefragt. Die Lernenden werden sich aus den Vorerfahrungen der letzten Unterrichtsstunden für die Fotometrie entscheiden. Sie werden daraufhin mit dem Problem konfrontiert, dass Koffein und seine Lösungen farblos sind (farblosen Energydrink zeigen (z. B. *Monster Ultra White*)), und bekommen die Zusatzinformation, dass Koffein als Koffeinperiodid aus einer Lösung gefällt werden kann und mit organischen Lösungsmitteln farbige Lösungen bildet (**M 9**). Nach der Phase der Überlegungen zur Problemlösung folgt die Durchführung. Diese wird durch die Versuchsvorschrift **M 10** begleitet. Je nach Kursgröße und verfügbaren Fotometern können die Schülerinnen und Schüler in Partnerarbeit oder Dreier-Gruppen arbeiten. Nach der Durchführung des Experiments werden die Messergebnisse der Gruppen verglichen und mit der Auswertung begonnen. Die Auswertung kann binnendifferenziert graphisch analog, graphisch digital oder rechnerisch durchgeführt werden. Je nach Auswahl der Lösungsmöglichkeiten erreichen die Lernenden die Stufe der ikonischen (graphisch) oder symbolhaften Abstraktion (rechnerisch). Lernende, die die Auswertung schnell durchgeführt haben, können noch Aufgabe 3 bearbeiten. Die Ergebnisse werden im Plenum besprochen und mögliche Fehlerquellen aufgezeigt. Schließlich wird ein Rückbezug zu der Leitfrage und den Hypothesen gezogen.

Die Doppelstunde schließt mit einer Anwendungsaufgabe ab, in der eine Schlagzeile auf die Nebenwirkungen eines übermäßigen Koffeinkonsums deutlich macht (**M 11**). Die Lernenden sollen sich mit den Koffeinnebenwirkungen beschäftigen und ihren Koffeinkonsum bewerten.

Zur Vorbereitung der Abiturprüfungen kann in einer **weiteren Doppelstunde (8./9. Stunde)** ein



Vergleich mit der iodometrischen Koffeinbestimmung erfolgen. Damit werden maßanalytische Verfahren und Redox-Chemie wiederholt und es erfolgt ein interessanter Vergleich von Fotometrie mit der Maßanalyse (**M 12**, **M 13**), der zu einer Bewertung der beiden Verfahren führt.

In einer **weiteren Doppelstunde (10./11. Stunde)** ist im Leistungskurs die Bestimmung des pKs-Wertes von Farbstoffen mittels Fotometrie möglich. In der Q1 wurde die Henderson-Hasselbalch-Gleichung erarbeitet, die auch auf Indikatorfarbstoffe eine Anwendung erfährt, da der pKs-Wert des Indikators den Umschlagbereich des Indikators bei einer Neutralisationstitration bestimmt.



### Angebote zur Differenzierung

Folgende Zusatzaufgaben für schnelle Lernende liegen vor: **M 4b** Aufgabe 3, **M 5**, **M 7** Aufgabe 3, **M 10** Aufgabe 3. Zudem können bei **M 10** verschiedene Lösungswege genutzt werden.

Bei ausreichend Zeit kann ein Anwendungsprojekt zu Lebensmittelfarbstoffen angeschlossen werden (**M 14**). Mithilfe der fotometrischen und einer dünnschichtchromatographischen Untersuchung werden die Kompetenzen und Kenntnisse zu Farbstoffen und zur Fotometrie auf die Lebensmittelfarbstoffe sinnstiftend transferiert und zur Anwendung gebracht. Der Einsatz von Azofarbstoffen in Lebensmitteln wird mithilfe des ADI-Wertes thematisiert und beurteilt.

### Mediathek

- ▶ Less, Wolf Raineru. a.: Die handlungsorientierte Ausbildung für Laborberufe. Band 2: Wahlqualifikation. Vogel Buchverlag. Würzburg 2008 (2. Auflage). S. 256–258  
In diesem Buch werden der Aufbau und die Wirkungsweise eines UV/Vis-Fotometers als Grundlage für die ersten Materialien der Unterrichtseinheit dargestellt.
- ▶ Wambach, Heinz u. a.: Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie. Band 6. Farbstoffe – Waschmittel. Aulis Verlag. Köln 1999. S. 107–115  
In vier Einzelbeiträgen wird die Berechnung und experimentelle fotometrische Bestimmung der Indikator konstanten am Beispiel von Phenolphthalein dargestellt.

### Zeitschriften

- ▶ Sommer, Katrin u. a. (Hrsg.): Lebensmittelfarbstoffe – Fachmethoden anwenden. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 2008 (2)  
In diesem Themenheft finden sich hinreichend viele Materialien, Informationen und Versuchsanweisungen, um den Bereich Lebensmittelchemie als mögliches weiterführendes Projekt durchführen zu können.
- ▶ Krüger, Birthe Tausch, M.: Coffein-Bestimmung. Ein Messinstrument zur Dopinganalyse. Praxis der Naturwissenschaft – Chemie in der Schule 2012 (6) S. 5–8  
Die fotometrische Koffeinbestimmung in Urinproben wird dargestellt. Urinproben im Chemieunterricht sind aus unterschiedlichen Gründen nicht opportun, aber es werden die Aufbereitung der Getränkeproben für die Fotometrie (Koffeinperiodid), der Koffeinmetabolismus und Nebenwirkungen für den Menschen brauchbar dargestellt.

### Weiterführende Internetseiten

- ▶ [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\\_SII/ch/SILP\\_GOSt\\_Chemie\\_2014-05-02.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ch/SILP_GOSt_Chemie_2014-05-02.pdf)  
Der Kernlehrplan Chemie für die SII ist in diesem Link an vielen Stellen für ein schulinternes eigenes Curriculum aufgearbeitet worden.
- ▶ <https://www.haw-hamburg.de/hochschule/life-sciences/forschung/projekte-schullabore/schullabor-mobile-analytik/smartphone-photometer/>  
Die Hochschule Hamburg-Harburg hat ein DIY-Fotometer entwickelt, dessen Daten mit BYOD-Methoden aufgenommen und ausgewertet werden können. Alle Informationen bis hin zur Programmierung der 3-D-Drucker sind sehr umfassend und eingängig aufbereitet worden.
- ▶ <https://chemie-und-sport.de/flip/ernaerung/>  
Erläuterung verschiedener Methoden zur analytischen Bestimmung von Koffein in Energydrinks. Hintergrundinformationen zu Koffein und der Ausfällung.
- ▶ <https://afg-werne.de/afg/Dok/Konzepte/AFG-Maker-Space-Konzept.pdf>  
Das Konzept des Maker Space wird am Beispiel des Anne-Frank-Gymnasiums Werne vorgestellt. Die MINT-EC-Schule verfügt im Maker Space über zehn 3-D-Drucker, eine Lötstation, Elektronik-ecke, Werkbänke und ein Computerterminal zur Programmierung der Drucker. Die DIY-Fotometer wurden durch die Schülerfirma **AuFG**eht's produziert.
- ▶ <https://afg-werne.de/afg/digital/programm-digitale-schule>  
Das Anne-Frank-Gymnasium Werne ist Digitale Modellschule der Bezirksregierung Arnsberg. Seit 8 Jahren werden iPads im Unterricht mit methodisch-didaktischen Konzepten eingesetzt. Alle Lernenden besitzen ein eigenes iPad mit lückenlosem WLAN und Unterrichtsräumen mit Smartboard/-displays inklusive Apple-TV. Der Server des pädagogischen Netzes mit dem Lernmanagementsystem liegt eigenverantwortlich in den Händen der Schule und wurde in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Anwendungszentrum SYMILA in Hamm entwickelt.

[letzter Abruf aller Links: 08.04.2022]

### Erklärung zu den Symbolen

|   |   |   |                  |   |                    |
|---|---|---|------------------|---|--------------------|
|  | Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau. |   |                  |   |                    |
|  | leichtes Niveau   |  | mittleres Niveau |  | schwieriges Niveau |
|  | Zusatzaufgabe   |  | Alternative      |   |                    |

## Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, In = Infotext, Pf = Projektionsfolie, Sb = Schaubild, Sv = Schülerversuch



### Vorbemerkung

Die GBU zu den verschiedenen Versuchen finden Sie im **Online-Archiv**.

### 1. Stunde

**Thema:** Einführung in die Fotometrie als spektroskopische Methode: Aufbau und Bauteile eines Fotometers

**M 1 (Sb)** Einstieg: Kann man Farben messen? Ishihara-Farbtafel

**M 2a (Ab)** Aufbau eines Fotometers und Funktion seiner Bauteile

**M 2b (In)** Bauteile eines UV/Vis-Fotometers

**Benötigt:**

- OH-Projektor bzw. Beamer/Whiteboard
- Bei digitaler Bearbeitung von **M 2**: 1 Laptop/PC/Tablet pro Lernenden
- Fotometer
- Küvetten
- Pipetten
- farbige Lösungen
- destilliertes Wasser

### 2./3. Stunde

**Thema:** Vom Absorptionsmaximum zur Konzentration: Einführung des Lambert-Beer'schen-Gesetzes zur fotometrischen Bestimmung der Konzentration von Orange-II-Lösungen und der Auswertung in *Excel*

**M 3 (In)** Theoretische Grundlagen: Lambert-Beer'sches-Gesetz

**M 4a (In)** Fotometrische Konzentrationsbestimmung einer unbekanntenen Probelösung

**M 4b (Sv)** Fotometrische Konzentrationsbestimmung von Orange II

#### Fotometrische Konzentrationsbestimmung einer Orange-II-Lösung

**Dauer:** Vorbereitung: 10 min, Durchführung: 15 min

**Chemikalien:**  Orange-II-Lösungen   destilliertes Wasser

**Geräte:**

- 1 Schutzbrille pro Lernenden
- 1 Pipetten
- 1 Fotometer
- 5 x 50-ml-Messkolben
- 5 Küvetten
- 1 x 250-ml-Messkolben
- evtl. Küvettenhalter

**M 5 (Ab)** Fotometrische Quantifizierung von Paracetamol

**Benötigt:**

- OH-Projektor bzw. Beamer/Whiteboard
- 1 Laptop/PC/Tablet pro Lernenden

## 4./5. Stunde

**Thema:** Bauteile eines DIY-Fotometers und eines konventionellen Fotometers, Messung von Lösungen eines selbst hergestellten Farbstoffes

**M 6 (Ab)** Vergleich der Bauteile: DIY-Fotometer – konventionelles Fotometer

**M 7 (Sv)** Konzentrationsbestimmung mit dem DIY-Fotometer



**Fotometrische Bestimmung der Konzentration einer Orange-II-Lösung mit dem DIY-Fotometer**

**Dauer:** **Vorbereitung:** 10 min, **Durchführung:** 15 min

**Chemikalien:**  Orange II   destilliertes Wasser

**Geräte:**  1 Schutzbrille pro Lernenden  Pipetten  
 DIY-Fotometer mit Netzteil  5 x 50-ml-Messkolben  
 Küvetten  1 x 250-ml-Messkolben  
 evtl. Küvettenhalter

**Benötigt:**  OH-Projektor bzw. Beamer/Whiteboard  
 1 Laptop/PC/Tablet pro Lernenden



## 6./7. Stunde

**Thema:** Wie viel Koffein ist im Energydrink enthalten? Experimentelle fotometrische Bestimmung des Koffeingehalts mit dem DIY-Fotometer

**M 8 (Pf)** Der Chemielaborant Jonathan – Wie viel Koffein ist in einem Energydrink?

**M 9 (Pf)** Koffein mit dem Fotometer messen

**M 10 (Sv)** Fotometrische Konzentrationsbestimmung von Koffein mit dem DIY-Fotometer



**Fotometrische Konzentrationsbestimmung von Koffein mit dem DIY-Fotometer**

**Dauer:** **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 15 min

**Chemikalien:**  Energydrink (z. B. *Monster*)  Schwefelsäure ( $\omega = 25\%$ )   
 Iod-Kaliumiodid-Lösung ( $c(\text{Iod}) = 0,05 \text{ mol/l}$ )   Koffeinlösungen (100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, 500 mg/l)   
 Propan-2-ol  

**Geräte:**  1 Schutzbrille pro Schüler  Zentrifuge mit Zentrifugengläsern  
 Schutzhandschuhe  DIY-Fotometer mit Netzteil  
 10-ml-Vollpipette  7 Küvetten  
 5-ml-Vollpipette  Küvettenhalter  
 1-ml-Vollpipette  Reagenzglasständer  
 Kunststoffpipette

**M 11 (Ab)** Auswirkungen von Koffein auf den menschlichen Körper

**Benötigt:**  OH-Projektor bzw. Beamer/Whiteboard  
 eventuell 1 Laptop/PC/Tablet pro Lernenden



## 8./9. Stunde

**Thema:** Schülerexperimentelle iodometrische Bestimmung des Koffeingehalts zur Wiederholung abiturrelevanter Inhalte



**M 12 (Sv)** Iodometrie als Methode zur Konzentrationsbestimmung von Koffein in Energydrinks

**Iodometrie als Methode zur Konzentrationsbestimmung von Koffein in Energydrinks**

**Dauer:** Vorbereitung: 60 min, Durchführung: 30 min

**Chemikalien:**

|   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Energydrink (z. B. <i>Monster</i> )  | <input type="checkbox"/> Zinkiodid-Stärke-Lösung   |
| <input type="checkbox"/> Kaliumiodid-Iod-Lösung<br>( $c(\text{Iod}) = 0,05 \text{ mol/l}$ )  | <input type="checkbox"/> Natriumchlorid  |
| <input type="checkbox"/> Schwefelsäure ( $\omega = 25 \%$ )                                  | <input type="checkbox"/> Kieselgur    |
| <input type="checkbox"/> destilliertes Wasser   | <input type="checkbox"/> Natriumthiosulfat-Lösung ( $c = 0,01 \text{ mol/l}$ )  |

**Geräte:**

|   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille pro Lernenden | <input type="checkbox"/> Kunststoffpipette                        |
| <input type="checkbox"/> Schutzhandschuhe             | <input type="checkbox"/> Erlenmeyerkolben mit Schliff und Stopfen |
| <input type="checkbox"/> 50-ml-Vollpipette            | <input type="checkbox"/> Weithals-Erlenmeyerkolben                |
| <input type="checkbox"/> 2 x 5-ml-Vollpipette         |   |

**Benötigt:**  eventuell 1 Laptop/PC/Tablet pro Lernenden



## 10. Stunde

**Thema:** Auswertung und Vergleich der fotometrischen und iodometrischen Bestimmung zur Beurteilung analytischer Methoden

**M 13 (Ab)** Vergleich von Analysemethoden: Fotometrie und Iodometrie zur Bestimmung des Koffeingehalts in Energydrinks

**Benötigt:**  eventuell 1 Laptop/PC/Tablet pro Lernenden



## 11. Stunde

**Thema:** Transfer der Untersuchungsmöglichkeiten von Farbstoffen auf Lebensmittelfarbstoffe zur Vertiefung der Kompetenzen

**M 14 (Ab)** Untersuchung von Lebensmittelfarbstoffen

**Benötigt:**  1 Laptop/PC/Tablet pro Lernenden



## Minimalplan

Das Unterrichtsvorhaben kann auf 5–7 Unterrichtsstunden gekürzt werden, indem bei Zeitmangel die alternative Analyseverfahren der Iodometrie sowie der Vergleich weggelassen werden können (**M 12–M 14**). Zudem besteht die Möglichkeit, die Übungsaufgabe (**M 5**) auszulassen. Sollte es nicht möglich sein, DIY-Fotometer einzusetzen, können ebenfalls die Materialien **M 6** und **M 7** ausgelassen werden und die Messung des Koffeingehalts von einem Energydrink mit einem Schulfotometer durchgeführt werden.

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Lichtmessung mittels DIY-Fotometrie*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)



II.C.48

Volltall organischer Verbindungen

**Lichtmessung mittels DIY-Fotometrie –  
Können Farbstoffe gemessen werden?**

Ein Beitrag von Luca Romák und Marcel Danberg



In dieser Unterrichtseinheit werden die Grundlagen der Fotometrie gelegt und mithilfe von selbst-gebasteten Mikro-Spacer-prismatischen Diffusoren eine Konzentrationsmessung des Farbstoffs Orange II durchgeführt und die Messdaten von Licht in Abhängigkeit des absorbierten Anteils der volumetrischen Fraktion als Vergleichswert für weitere Messungen verwendet.

**KOMPETENZPROFIL**

**Klassenstufe:** 10/11 (G1)

**Thema:** II.C.48 (Volltall organischer Verbindungen)

**Kompetenzen:** 1. erklären die Farbigkeit von Stoffen durch Lichtabsorption; 2. erläutern die Zusammenhang von Farbigkeit und Molarabsorption; 3. werten absorbanzspektroskopische Messdaten aus; 4. beschreiben die Funktionsweise von Lichtquellen; 5. beschreiben und diskutieren aktuelle Entwicklungen im Bereich optischer Messtechnik und Fotometrie; 6.4.1. Fotometrie, Absorbanzspektroskopie, Konzentrationsbestimmung

**Theoretische Bereiche:** Lichtwellenlängen, Lichtabsorption, Farbigkeit