

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

Klassenstufe: VVGK Q2 (13)

Dauer: 8–11 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 7)

Kompetenzen: 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).

Thematische Bereiche: Fotometrie, Absorptionsspektren, Konzentrationsbestimmung, Lambert-Beer'sches Gesetz, Iodometrie, Lichtabsorption, Farbstoffe



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/ Tablet pro Lernenden
- Fotometer
- Küvetten
- Pipetten
- farbige Lösungen
- destilliertes Wasser

2./3. Stunde

Thema: vom Extinktionsmaximum 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 unbekanntem Probelösung

M 4b (In) 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
- Pipetten
- 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? 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 ($\omega = 25\%$) 
 Natriumchlorid-Kaliumdichromat-Lösung ($c(\text{Iod}) = 0,001\text{ mol/l}$)  Koffeinlösungen (100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, 500 mg/l) 
 Propanolol  

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 (Pf) 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 ($c(\text{Iod}) = 0,05 \text{ mol/l}$)	<input type="checkbox"/> Natriumchlorid
<input type="checkbox"/> Schwefelsäure ($\omega = 25 \%$)	<input type="checkbox"/> Gelsgur
<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"/> 25-ml-Vollpipette
<input type="checkbox"/> 2 x 5-ml-Vollpipette	<input type="checkbox"/> Dreihals-Erlenmeyerkolben

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

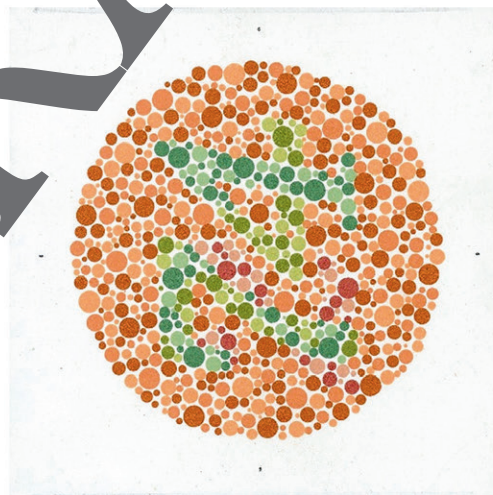
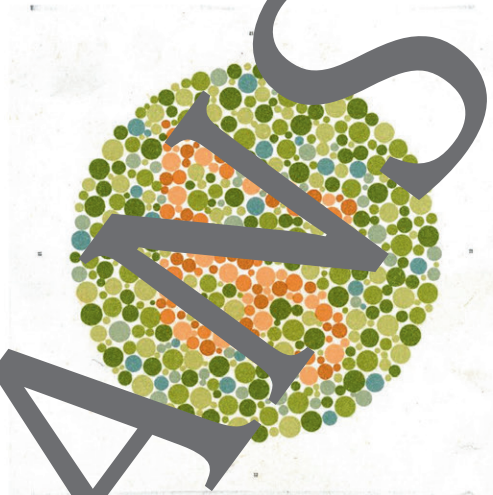
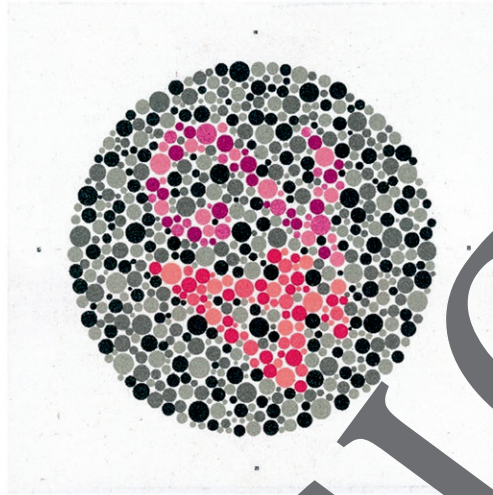
Minimalkonzept

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.

Einstieg: Kann man Farben messen? Ishihara-Farbtafel

M 1

Wie können wir Farbenblinden beweisen, dass eine Lösung aus Orange II orange ist und nicht grün?



Quelle: Wikimedia Commons/gemeinfrei

Fotometrische Konzentrationsbestimmung von Orange II

M 4b

Aufgabe 1

Führen Sie den folgenden Versuch **durch**.

Schülerversuch: Fotometrische Konzentrationsbestimmung einer Orange-II-Lösung

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



Chemikalien	Geräte
<input type="checkbox"/> 4 Orange-II-Kalibrierlösungen mit 2,5 ml, 5 ml, 7,5 ml und 10 ml der Stammlösung (100 mg/ml) jeweils auf 50 ml mit dest. Wasser aufgefüllt	<input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> Küvettenhalter
<input type="checkbox"/> Orange-II-Probeflösung unbekannter Konzentration	<input type="checkbox"/> Fotometer <input type="checkbox"/> 5 x 50-ml-Messkolben
<input type="checkbox"/> destilliertes Wasser	<input type="checkbox"/> 5 Küvetten <input type="checkbox"/> 250-ml-Messkolben
<input type="checkbox"/> Pipetten	

Entsorgung: Die Lösungen werden über Aktivkohle filtriert. Diese wird im Restmüll entsorgt.

Versuchsdurchführung

- **Geben** Sie die Kalibrierlösungen und die Probenlösung mit einer Pipette jeweils in eine Küvette. Achten Sie darauf, dass keine Luftblasen in den Küvetten sind und Sie die Küvetten nur an der „blinden“ Seite anfassen.
- **Messen** Sie die Lösungen in einem Fotometer bei einer Wellenlänge von 470 nm.
- **Tragen** Sie die gemessenen Extinktionen in die Tabelle ein.

Aufgabe 2

- Berechnen** Sie die Massenkonzentrationen β der Kalibrierlösungen und tragen Sie die Werte in die Tabelle ein (Stammlösung 100 mg/l).
- Erstellen** Sie in *Excel/Numbers* oder auf Millimeterpapier ein Konzentrations-Extinktions-Diagramm und **bestimmen** Sie die Massenkonzentration β der unbekannt Probe.
- Berechnen** Sie, welches Volumen der Stammlösung in der Probeflösung ist.



Orange-II-Lösung	Massenkonzentration β	Extinktion
10 ml Stammlösung auf 50 ml aufgefüllt		
7,5 ml Stammlösung auf 50 ml aufgefüllt		
5 ml Stammlösung auf 50 ml aufgefüllt		
2,5 ml Stammlösung auf 50 ml aufgefüllt		
unbekannte Probe X ml Stammlösung auf 50 ml aufgefüllt		

Aufgabe 3

Um die Konzentrationsbestimmung mit einem Fotometer durchzuführen, wird zunächst ein Absorptionsspektrum der Lösung über den gesamten Wellenlängenbereich aufgenommen. **Begründen** Sie dieses Vorgehen.



M 10

Fotometrische Konzentrationsbestimmung von Koffein mit dem DIY-Fotometer

Aufgabe 1

- Führe den folgenden Versuch durch.
- Notiere deine Messwerte in der Tabelle.



Schülerversuch: Bestimmung des Koffeingehalts im Energydrink mit DIY-Fotometer

Vorbereitung: 30 min, Durchführung: 15 min

Chemikalien	Geräte
<input type="checkbox"/> Energydrink (z. B. <i>Monster, Red Bull</i>)	<input type="checkbox"/> Schutzbrille
<input type="checkbox"/> Koffeinkalibrierlösungen (100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, 500 mg/l)	<input type="checkbox"/> Handschuhe
<input type="checkbox"/> Iod-Kaliumiodid-Lösung (c(Iod) = 0,05 mol/l)	<input type="checkbox"/> 10-ml-Vollpipette
<input type="checkbox"/> Schwefelsäure ($\omega = 25\%$)	<input type="checkbox"/> 5-ml-Vollpipette
<input type="checkbox"/> Propan-2-ol	<input type="checkbox"/> 10-ml-Vollpipette
	<input type="checkbox"/> Kunststoffpipette
	<input type="checkbox"/> Zentrifuge mit Zentrifugenröhrchen
	<input type="checkbox"/> 7 Küvetten, ggf. Küvettenhalter
	<input type="checkbox"/> Reagenzglasständer
<p>Entsorgung: Wässrige und organische Reste werden getrennt voneinander gesammelt. Iod-haltige Reste werden mit Natriumthiosulfat-Lösung ($\omega = 5\%$) entfärbt.</p>	

Versuchsdurchführung

Herstellung der Probenlösung

- **Entgasen** Sie ein paar Milliliter des Energydrinks durch Schütteln.
- **Pipettieren** Sie 2,5 ml des Energydrinks in ein Zentrifugenröhrchen.
- **Geben** Sie 0,5 ml Iod-Kaliumiodid-Lösung und 0,5 ml Schwefelsäure hinzu. **Schütteln** Sie die Suspension vorsichtig um, lassen Sie die Suspension 5 Minuten sedimentieren.
- **Zentrifugieren** Sie die Suspension 10 min bei 5000 rpm.
- **Dekantieren** Sie den Überstand vorsichtig in ein Becherglas. Achten Sie darauf, dass alle Feststoffpartikel in dem Zentrifugenröhrchen bleiben.
- **Geben** Sie zu dem Rückstand (Koffeinperiodid) 10 ml Propan-2-ol und rühren Sie vorsichtig mit einer Kunststoffpipette, bis sich der Rückstand vollständig gelöst hat.

Herstellung der Koffeinkalibrierlösungen

Die Kalibrierlösungen wurden bereits nach demselben Verfahren mit den Koffeinkonzentrationen 100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l und 500 mg/l hergestellt (Kalibrierlösungen 1–5).

Herstellung der Probenlösung

- **Füllen** Sie die Küvetten mit einer Pipette zu ca. $\frac{3}{4}$ mit der Blindprobe, den Kalibrierlösungen und der Probelösung. Achten Sie darauf, dass keine Luftblasen in den Küvetten sind und Sie die Küvetten nur an der „blinden“ Seite anfassen.
- **Messen** Sie zuerst die Blindprobe, dann die Kalibrierlösungen und die Probelösung bei einer Wellenlänge von 470 nm (blaues Licht).

Messwerte

Probe	Massenkonzentration β (Koffein)	Extinktion
Kalibrierlösung 1	100 mg/l	
Kalibrierlösung 2	200 mg/l	
Kalibrierlösung 3	300 mg/l	
Kalibrierlösung 4	400 mg/l	
Kalibrierlösung 5	500 mg/l	
Probenlösung		

Aufgabe 2

Bestimmen Sie den Koffeingehalt in der Probelösung. Wählen Sie eine der folgenden Lösungsmethoden aus.

- Zeichnen** Sie im Heft mit den Kalibrierlösungen ein Konzentrations-Extinktions-Diagramm und ordnen Sie die Probelösung ein.
- Zeichnen** Sie in *Excel* ein Konzentrations-Extinktions-Diagramm der Kalibrierlösungen und ordnen Sie die Probelösung ein.
- Berechnen** Sie die Konzentration der Probelösung mit Hilfe des Lambert-Beer'schen-Gesetzes.

**Aufgabe 3**

Geben Sie die gesetzlichen Bestimmungen für die Kennzeichnung von Getränken **an** und ordnen Sie Ihr Ergebnis ein. **Recherchieren** Sie dafür im Internet.



M 11

Anwendungsaufgabe: Auswirkungen von Koffein auf den menschlichen Körper

Großbritannien

STUDENT ERLEIDET NACH ZWEI LITERN ENERGYDRINKS AM TAG HERZVERSAGEN

16.04.2021 16:03

In seiner besten Zeit trinkt ein britischer Student bis zu zwei Liter (etwa vier Energy-Dosen) am Tag. Nach zunehmenden körperlichen Beschwerden geht er zum Arzt und erhält die Diagnose Herz- und Niereninsuffizienz insgesamt, was er 58 Tage auf der Intensivstation verbringen muss.

Quelle: nach <https://www.stern.de/gesundheits/herzversagen-nach-zwei-litern-energydrink-am-tag-3048518.html>, abgerufen am 26.02.2022

Aufgabe

- Stellen** Sie die Nebenwirkung von einem übermäßigen Koffeinkonsum auf den menschlichen Körper dar. **Recherchieren** Sie dazu.
- Bewerten** Sie anschließend Ihren eigenen Koffeinkonsum.



Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



✓ **Über 5.000 Unterrichtseinheiten**
sofort zum Download verfügbar

✓ **Webinare und Videos**
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung

✓ **Attraktive Vergünstigungen**
für Referendar:innen
mit bis zu 15% Rabatt

✓ **Käuferschutz**
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de