



Farbchemie mit dem Smartphone



Daniel Bengtsson · Lilla Jónás · Miroslaw Los
Marc Montangero · Márta Gajdosné Szabó

1 | Zusammenfassung

Wenn Kupfer in Wasser gelöst wird, dann ergibt dies eine blaue Lösung. Je höher der Kupferanteil in einer Lösung, desto stärker ist ihre Blaufärbung. Mit dem Smartphone bestimmen die Schüler, wie viel gelöstes Kupfer in einer wässrigen Salpetersäurelösung enthalten ist. Dazu stellen sie drei Lösungen mit bekannten Kupferanteilen her und führen ihre Messungen durch.

- ▶ **Stichwörter:** Kupferlösung, Lambert-Beersches Gesetz, Protokolle zu wissenschaftlichen Methoden
- ▶ **Fächer:** Chemie, Mathematik
- ▶ **Altersgruppe der Schüler:** 13–16 und 16–18 Jahre
- ▶ **Android-App:** Color Grab
- ▶ **iOS-App:** ColorAssist Free Edition

2 | Vorstellung des Konzepts

Es ist bekannt, dass Sirup mit zunehmender Verdünnung immer mehr an Farbe verliert. Das liegt daran, dass die Lichtabsorption, die für die Farbe verantwortlich ist, sich proportional zur Konzentration des gelösten Farbstoffs verhält (Lambert-Beersches Gesetz). In dieser Aufgabe testen die Schüler dieses Gesetz durch Messungen an Kupferlösungen mit Hilfe ihres Smartphones.

Diese Aufgabe ist natürlich für das Chemielabor gedacht, sie eignet sich aber ebenso für den Mathematikunterricht (die Schüler können Lösungen verwenden, die der Lehrer herstellt, und die Messungen dann daran durchführen). Im Chemielabor stellen die Schüler (mit einem Kupfersalz) drei verschiedene Lösungen mit bekannten Kupferanteilen her. Der Lehrer verdünnt eine (den Schülern) unbekannte Menge reinen Kupfers in Salpetersäure.

Die Schüler müssen dann mit dem Smartphone Daten zu den vier Lösungen sammeln. Zur Bestimmung der unbekanntes Kupfermenge, die der Lehrer gelöst hat, müssen sie dann die gesammelten Daten in ein Diagramm eintragen.

Diese Aufgabe gibt den Schülern Gelegenheit, die wissenschaftliche Arbeitsweise zu üben. Sie müssen die Frage beantworten, wie viel Kupfer der Lehrer gelöst hat. Die Herausforderung ist, selbst zu entscheiden, wie sie die Messungen durchführen. Die Schüler führen dann die Messungen durch, sammeln Daten, tragen diese in eine Tabelle ein und erstellen ein Diagramm. Das Diagramm wird zur Einschätzung der Kupfermenge verwendet.



3 | Aufgabe der Schüler

Wir empfehlen hier drei verschiedene Protokolle. Das erste ist das klassische „Kochbuchprotokoll“, das alle Details zur Durchführung vorgibt. Das zweite ist ein Protokoll für den Mathematikunterricht, wobei die Lösungen bereits vorbereitet wurden. Die Schüler nehmen im Unterricht nur die Messungen vor und führen die Analyse durch. Das dritte ist ein offenes Protokoll: Die Schüler bekommen nur einige Informationen und eine Frage zur Beantwortung.

3|1 Kochbuchprotokoll

3|1|1 Teil A: Der Lehrer stellt die unbekannte Kupferlösung her

Gefahren: HNO_3 ist ätzend! Handschuhe und Schutzbrille tragen und unter einem Abzug arbeiten!!

1,5 bis 3,5 g reines Kupfer nehmen und die exakte Masse $m(\text{Cu})$ notieren. 5-mal die Masse $m(\text{Cu})$ in cm^3 65%iger HNO_3 in ein 50-cm^3 -Becherglas geben. Unter dem Abzug arbeiten! Bei 2 g Kupfer also $5 \times 2 = 10 \text{ cm}^3$ Salpetersäure. Das Kupfer (nach und nach, falls in Pulverform) hineingeben, den Abzug schließen und warten, bis das gesamte Kupfer gelöst ist. Auf etwa 30 cm^3 mit Wasser auffüllen, dann in einen 100-cm^3 -Kolben geben, mit Wasser auf 100 cm^3 verdünnen und verschließen. Gut mischen.



3 | 1 | 2 Teil B: Die Schüler erstellen die Skala

In drei 100-cm³-Kolben etwa 5, 10 und 15 g Cu(NO₃)₂ · 3H₂O lösen, die genauen Massen m₁, m₂ und m₃ notieren und mit Wasser auf 100 cm³ verdünnen. Den Kolben schließen und gut mischen. Dies ergibt die Skala mit den Stufen 1, 2 und 3.

Cu(NO₃)₂ · 3H₂O lässt sich auch durch CuSO₄ · 5H₂O ersetzen (mit denselben Mengen) oder durch wasserfreies CuSO₄ (in diesem Fall etwa 3,3 g, 6,6 g und 10 g verwenden).

3 | 1 | 3 Teil C: Die Schüler messen jeweils den H-Wert mit dem Smartphone

Den Kolben auf weißes Papier stellen und weißes Papier als Hintergrund verwenden. Am Boden des Kolbens dessen genaue Position mit Linien markieren. Das Smartphone fest auf dem Tisch installieren, so dass der Fokus der Kamera auf den größeren Teil des Kolbens gerichtet ist (der Sichtwinkel ist horizontal).

ABB.1 Schüler messen den H-Wert mit dem Smartphone



Der Abstand zwischen dem Hintergrund und dem Kolben beträgt etwa 4 cm, und zwischen Smartphone und Kolben etwa 14 cm. Den H-Wert einfach (im HSV- oder HSL-Farbmodus) in der App ablesen und notieren. Dies an allen Kolben wiederholen.

3 | 1 | 4 Teil D: Die Schüler werten ihre Ergebnisse aus

Zuerst die Masse der Skala (m₁, m₂ und m₃) in die entsprechenden Massen reinen Kupfers umwandeln. Für die drei Werte aus der Skala ein Diagramm der H-Werte als Funktion der Kupfermasse erstellen. Den H-Wert der Probe im Diagramm einzeichnen und die Kupfermasse in der unbekanntenen Kupferlösung bestimmen.

ABB.2 Beziehung zwischen dem H-Wert (°) und der Kupfermasse (g). Die blauen Punkte sind die drei Punkte auf der Skala. Der rote Punkt ist die unbekannte Kupferlösung.



3 | 2 Protokoll für den Mathematikunterricht

Der Lehrer muss die vier Lösungen im Voraus herstellen und die entsprechende Masse reinen Kupfers auf die Kolben schreiben. Er bereitet die Ausrüstung vor, die die Schüler wahrscheinlich brauchen oder anfordern werden, um einen objektiven Test durchführen zu können.

1. Die App installieren und die beste Art der Farbmessung austesten. Man sollte wissen, wie man die Messung unterbricht und wie man den Blitz einsetzt.
2. Die drei Kolben enthalten verschiedene Massen Kupfer, diese stehen auf dem Etikett. Die Aufgabe besteht darin, die H-Werte der Lösungen in den drei Kolben zu messen und ein Diagramm zu erstellen (siehe oben). Festzuhalten ist das Verhältnis zwischen dem H-Wert und der Kupfermasse. Je mehr Kupfer, desto dunkler die Lösung.
3. Eine andere Gruppe (oder der Lehrer) stellt einen Kolben mit einer unbekanntem Masse Kupfer bereit.
4. Messung des H-Werts der vierten Lösung mit genau derselben Methode wie zuvor. Mit Hilfe des Diagramms sollte die Kupfermasse im Kolben bestimmt werden können.

3 | 3 Offenes Protokoll

Der Lehrer bittet die Schüler, die App zu installieren, zeigt ihnen, wie sie verwendet wird und bittet sie, einen objektiven





Test mit Hilfe des H-Werts durchzuführen. Er gibt ihnen die drei Kolben mit der Kupfermasse auf dem Etikett und bittet sie, die Kupfermasse im vierten Kolben zu bestimmen.

4 | Option zur Kooperation

Die Schüler in einer Klasse führen das Experiment durch und drehen einen Film, in dem erklärt wird, wie das Experiment mit Hilfe eines Smartphones durchgeführt wird. Der Film wird an eine andere Klasse geschickt (in einem anderen Land oder an derselben Schule), die ihn als Protokoll nutzt.

5 | Fazit

In diesem Experiment lernen die Schüler:

- ▶ Je höher die Konzentration an Kupferionen, desto stärker die Blaufärbung.
- ▶ Wie man einem präzisen Protokoll folgt und mit einer eigenen Skala eine unbekannte Lösung identifiziert.
- ▶ Wie man eine Farberkennungs-App auf dem Smartphone nutzt.

Bei diesem Experiment müssen die Schüler mehrere Schwierigkeiten lösen. Vor allem sollte beim Gebrauch der App der Sichtwinkel horizontal sein, um reproduzierbare Messungen zu erzeugen.

Alle Messungen (Skala und Probe) sollten zur selben Zeit gemacht werden, um unterschiedliche Lichtbedingungen zu vermeiden.

5 | 1 Meinungen

Schüler:

- ▶ „Anders als andere Laborstunden.“
- ▶ „Mischung aus Chemie und Technologie. WOW!“
- ▶ „Das Protokoll ist leicht verständlich und einfach zu befolgen.“
- ▶ „Es war interessant, dass wir im Chemielabor unser Smartphone nutzen durften.“
- ▶ „Super, dass wir unsere Smartphones im Labor nutzen konnten. Die Kombination aus Technologie und Chemie war toll!“

Erfahrung eines Lehrers:

„Ja, ich halte es für eine gute Idee, zu üben, eigene Untersuchungen durchzuführen. Ich versuche so oft ich kann, meine Schüler ein Phänomen untersuchen zu lassen, damit sie es verstehen. Statt eines Protokolls stelle ich ihnen eine Frage oder ein Problem, worauf sie eine Antwort finden sollen. Ich nenne das ein offenes Experiment. Sie sollen etwas ausprobieren und dabei so viele Variablen wie möglich unverändert lassen. Ein objektiver Test.“

In diesem Fall zeige ich ihnen die drei Kolben und erkläre, dass man mit dem Smartphone Farbtöne messen kann. Dieser Wert oder Code kann zum Einkaufen von Farben genutzt werden. Dann bitte ich sie, das Experiment so präzise zu planen wie sie können! Ich übertreibe und zeige ihnen richtig schlechte Methoden. Ich zeige ihnen auch, wie man das Gerät vor die Lösung hält, an einem hellen oder dunklen Ort, und wie sie die Art, die Werte zu messen, so konstant wie möglich halten können.



Sie installieren die App und ich helfe ihnen dabei, sie zum Laufen zu bringen. Ich zeige ihnen, wie man die App vorübergehend anhält und wie man den H-Wert erhält. Dann planen sie die Art der Messung und ich gebe ihnen die Ausrüstung, nach der sie fragen – beispielsweise eine Lampe, ein Lineal oder ein weißes Blatt Papier.

Dann messen sie den Inhalt der drei Kolben und erfahren von mir die Masse reinen Kupfers. Bei älteren Schülern gibt man ihnen die Masse des $\text{CuNO}_3/\text{CuSO}_4$ und sie müssen berechnen, wie viel reines Kupfer sie haben. Sie erstellen mit den Werten eine Tabelle. Sie bekommen Millimeterpapier, um ein Diagramm zu zeichnen. Dann können sie sehen, wie viel Kupfer der unbekannte Kolben enthält, wenn sie die Verbindungslinie zwischen den drei bekannten Werten in das Diagramm einzeichnen.

Meine Schüler geben eine bestimmte Menge Kupfer in einen Kolben, ohne mir die Masse zu nennen. Dann gebe ich Salpetersäure in den Kolben und verdünne die Lösung auf 100 cm^3 , nachdem das Metall vollständig gelöst ist.

So können sie den H-Wert im vierten Kolben messen. Anhand ihres Werts kann ich sagen, wie viel Kupfer enthalten ist.“

5 | 2 Was kann die App?

Sie misst eine Farbe und drückt ihre Werte anhand eines Farbmodells aus (RGB, HSV, LAB etc.). Dies kann hilfreich sein, wenn man Farbe in einem ganz bestimmten Ton kaufen möchte. Man misst die Farbe mit dem Smartphone und fragt im Geschäft nach genau diesem Ton.

5 | 3 Warum wird das HSV- oder HSL-Farbmodell verwendet?

Das RGB-System ist das am weitesten verbreitete Farbmodell, aber diese Werte stehen nicht in Zusammenhang mit der Wellenlänge der Farbe. Dieses System nutzt nur eine Wellenlänge jeder Grundfarbe. Der Farbtonwert (H) des HSV- oder HSL-Farbmodells unterscheidet zwischen den verschiedenen Blautönen (Marineblau, dunkles Himmelblau, Pazifikblau etc.). Dieser Wert kann in einem bestimmten Konzentrationsbereich anstelle der Absorption verwendet werden. Ist die Lösung aber zu dünn oder zu stark, funktioniert das nicht mehr.

5 | 4 Kann diese App auch noch für andere Experimente genutzt werden?

Wir haben es zwar nicht ausprobiert, aber wir gehen davon aus, dass dasselbe Verfahren auch mit anderen farbigen Lösungen verwendet werden kann (Kaliumpermanganat, Lösungen mit Lebensmittelfarbe etc.). Man muss nur den Konzentrationsbereich ausloten, in dem der H-Wert proportional ist zur Konzentration des jeweiligen Farbstoffs.

Wir haben versucht, sie in einem verbreiteten Farbexperiment einzusetzen, und zwar mit Rotkohl. Leider war dies nicht möglich, weil die unterschiedlichen Färbungen von Rotkohl keine lineare Variation des pH-Werts in Bezug zur Wellenlänge zeigen. Daher kann der gesamte pH-Bereich nicht im Modell dargestellt werden. Wir haben auch versucht, die Farbwerte zwischen pH 3 und 10 zu differenzieren, aber mit der App war das nicht möglich. Sie kann uns nur die „Grundfarbe“ von Rotkohl liefern (pink, violett, grün, gelb), und wir können dann einen Bereich möglicher pH-Werte ableiten, aber das tun wir normalerweise mit bloßem Auge, so dass es nicht sinnvoll ist, das Smartphone für diesen Zweck einzusetzen.



Impressum

Entnommen aus

iStage 2 - Smartphones im naturwissenschaftlichen Unterricht erhältlich in Deutsch und Englisch www.science-on-stage.de/istage2

Herausgeber

Science on Stage Deutschland e.V.
Poststraße 4/5
10178 Berlin

Revision und Übersetzung

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH
www.transformcologne.de

Text- und Bildnachweise

Die Autoren haben die Bildrechte für die Verwendung in dieser Publikation nach bestem Wissen geprüft und sind für den Inhalt ihrer Texte verantwortlich.

Gestaltung

WEBERSUPIRAN.berlin

Illustration

tacke -atelier für kommunikation
www.ruperttacke.de

Bestellungen

www.science-on-stage.de
info@science-on-stage.de

Zur besseren Lesbarkeit wurde auf die Verwendung der weiblichen Form verzichtet. Mit der männlichen Form ist auch stets die weibliche Form gemeint.

Creative-Commons-Lizenz: Attribution
Non-Commercial Share Alike



1. Auflage 2014

© Science on Stage Deutschland e.V.



THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

HAUPTFÖRDERER VON
SCIENCE ON STAGE DEUTSCHLAND



Die Initiative für
Ingenieurnachwuchs

Ermöglicht durch



Science on Stage – The European Network for Science Teachers

... ist ein Netzwerk von Lehrkräften für Lehrkräfte aller Schularten, die Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) unterrichten.
... bietet eine Plattform für den europaweiten Austausch anregender Ideen und Konzepte für den Unterricht.
... sorgt dafür, dass MINT im schulischen und öffentlichen Rampenlicht steht.

Science on Stage Deutschland e.V. wird maßgeblich gefördert von think ING., der Initiative für den Ingenieurnachwuchs des Arbeitgeberverbandes GESAMTMETALL.

Machen Sie mit!

WWW.SCIENCE-ON-STAGE.DE

Newsletter: www.science-on-stage.de/newsletter

www.facebook.com/scienceonstagedeutschland

www.twitter.com/SonS_D

Science on Stage Deutschland ist Mitglied in Science on Stage Europe e.V.

WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

www.facebook.com/scienceonstageeurope

www.twitter.com/ScienceOnStage

