

Ein Krimi im Chemieunterricht

Flammenfärbung als Beweismittel

R. Roggendorf und M. W. Tausch

Schon in der Sekundarstufe I begegnen Schüler Vorgängen, bei denen Energie nicht nur als Wärme und elektrischer Energie, sondern auch als Licht beteiligt ist. Damit können bereits früh Grundlagen für spätere Unterrichtsinhalte mit Lichtbeteiligung gelegt werden.

Stichwörter: Flammenfärbung, Spektroskopie, Lerntempoduett

1 Herr Bunsen und sein kriminalistischer Spürsinn

Einer der bekanntesten Chemiker des 19. Jahrhunderts war und ist Robert Wilhelm Bunsen (1811–1899). Den Schülern ist er auf Grund des von ihm entwickelten Gasbrenners ein Begriff, der noch heute seinen Namen trägt (Bunsenbrenner). Allerdings entdeckte er mit der Spektral-

analyse auch ein bis heute wichtiges Verfahren zum Nachweis von Elementen in winzigen Stoffportionen.

In der Literatur ist von Bunsen folgende Geschichte überliefert: Robert Wilhelm Bunsen hatte ein Lieblingsrestaurant. Dort ging er gerne und regelmäßig essen. Allerdings hörte er eines Tages das Gerücht, dass der Koch, wenn ein Gast Hähnchen bestellte, die auf dem Teller übriggebliebenen Knochen anschließend auskochte und dann am nächsten Tag Hühnersuppe

auf die Karte schrieb. Da er diesem Gerücht nicht einfach Glauben schenken wollte, schließlich handelte es sich um sein Lieblingsrestaurant, fasste er einen Plan.

Er bestellte, als er mal wieder dort essen war, ein Hähnchen. Die abgenagten Knochen legte er wieder auf den Teller. Doch bevor der Kellner sie mit in die Küche nehmen konnte, streute er etwas Lithiumchlorid auf die Knochen.

Am darauffolgenden Tag geht er wieder in das Restaurant. Schon draußen vor

Phase/Zeit	Inhalt	Sozialform	Material
Einstieg	Einführung in die Situation, Vorstellung der Geschichte von Bunsen	Lehrervortrag	
Experiment	Durchführung der Experimente zur Flammenfärbung Eine Lösung wird als Hühnersuppe deklariert und die SuS erhalten zusätzlich Vergleichssubstanzen mit der Zielsetzung herauszufinden, ob der Koch das Hähnchen vom Vortrag verwendet hat. (Experimentieranleitung zu finden bei [1])	Experiment in Zweiergruppen	
Problematisierung	Warum aber erzeugen verschiedene Alkalimetalle verschiedene, jeweils charakteristische Flammenfärbungen? – Erklärung des Lerntempoduetts	UG	
Erarbeitung I	Jeder Schüler bearbeitet seinen Text und eignet sich diesen so gut an, dass er den Inhalt erklären kann	EA	Arbeitsblätter mit den beiden Texten (Abb. 1 und 2)
Erarbeitung II	Die SuS finden sich zu Tandems zusammen und erschließen sich gegenseitig die beiden Texte — erst nach einem ausführlichen Austausch bekommen sie den vertiefenden Arbeitsauftrag	PA	Arbeitsblatt mit vertiefendem Arbeitsauftrag (Abb. 3)
ggf. Erarbeitung III	Für die schnelleren SchülerInnen gibt es noch eine Zusatzaufgabe (vgl. weiter unten unter 5)	PA	Zusatzaufgabe, Spektroskope
Sicherung	Sammeln der Arbeitsergebnisse , Folie [Abb. 4]	UG	OHP, Folie (Abb. 4 und 5)
Transfer (geplant als HA)	Das Restaurant muss schließen. – Schreibe einen Zeitungsartikel , in dem du die Menschen informierst und berichtest, wie Herr Bunsen die Missstände aufgedeckt hat und warum seine Begründung absolut wasserdicht ist.	EA oder HA	Arbeitsblatt mit (Haus) Aufgabe (Abb. 6)

Tab. 1: Die Abbildungen 1 bis 6 stehen in der Online-Ergänzung zur Verfügung.

der Tür sieht er die Tafel „Heute: Hühnersuppe“. Diese bestellt er sich. In einem unbeobachteten Moment zieht er einen Brenner und einen Draht aus der Tasche. Er taucht den Draht in die Suppe und hält ihn anschließend in die Flamme. Die Flamme leuchtet rot auf.

2 Die Flammenfärbung als Thema im Chemieunterricht

Diese Geschichte von Bunsen ist nicht neu. Aber sie bietet eine gute Möglichkeit mit Schülerinnen und Schülern das Thema Spektroskopie motivierend und schülerzentriert zu erarbeiten.

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie diese Geschichte als Einstieg in eine Doppelstunde (90 Minuten) zur Flammenfärbung genutzt werden kann, in der die wichtigsten theoretischen Grundlagen zur Spektroskopie von den Schülerinnen und Schülern selber erarbeitet werden.

Die hier vorgestellten Materialien wurden an verschiedenen Gymnasien und in verschiedenen Klassen der Jahrgangsstufe 8 (G8) im Inhaltsfeld Elementfamilien, Atombau und Periodensystem mit dem fachlichen Kontext Böden und Gestein – Vielfalt und Ordnung erprobt.

Aber zunächst einmal: Was ist **Flammenfärbung** denn überhaupt? Die Methode der **Flammenfärbung** dient als Nachweisreaktion von chemischen Elementen und deren Ionen. Dieses Verfahren macht sich zu Nutze, dass Elemente oder Ionen in einer farblosen Flamme Licht spezifischer Wellenlänge abgeben. Es wird Wärmeenergie aus der sehr heißen Flamme in Lichtenergie umgewandelt. In der Flamme werden Valenzelektronen durch Aufnahme von thermischer Energie (Wärme) in höhere Energiestufen angehoben. Atome, bei denen das erfolgt ist, befinden sich im **angeregten Zustand**. Wenn die Elektronen auf ihr ursprüngliches Energieniveau zurückfallen wird Energie in Form von Licht einer bestimmten Farbe abgegeben. Da die freiwerdende Energie und damit auch die Farbe des ausgestrahlten Lichts für chemische Elemente und deren Ionen spezifisch sind, kann man auf diese Weise den zu untersuchenden Stoff analysieren.

Bei der Flammenfärbung im Schülerversuch wird die Stoffprobe meist einfach auf einem Magnesiastäbchen in die farblose Flamme eines Bunsenbrenners gehalten. Alternativen dazu wurden kürzlich

in dieser Zeitschrift von N. Hantschel aufgezeigt [1]. Aufgrund der Farbe, die sich in der Flamme einstellt, kann nun auf die Ionen in der Probe rückgeschlossen werden. Da die sehr intensive gelbe Flammenfärbung des Natriums oft alle anderen Flammenfärbungen überdeckt, werden hier nur die Salze der gut zu unterscheidenden Alkalimetalle eingesetzt.

3 Ein kompetenzorientierter Unterrichtsansatz

Die Flammenfärbung in der Brennerflamme ist eine spezifische Eigenschaft der Alkalimetalle und ihrer Verbindungen. Die Schülerinnen und Schüler lernen in dieser Stunde die Flammenfärbung im Experiment kennen und erarbeiten anhand von Materialien die zu Grunde liegende Theorie der Flammenfärbung.

Unterrichtliche Voraussetzungen

Die Schülerinnen und Schüler haben die Alkali- oder Erdalkalimetalle und den Aufbau des Periodensystems bereits kennen gelernt. In diesem Zusammenhang wurde auch bereits das Kern-Hülle-Modell eingeführt. Das Schalenmodell und die Regeln, nach denen die Schalen besetzt werden, sind den Schülerinnen und Schülern ebenfalls bereits bekannt.

Unterrichtsziele

Konzeptbezogene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen ihr Wissen über die Aufbauprinzipien des Periodensystems und den Aufbau der Atome und über die Elementfamilie der Alkalimetalle.
- lernen durch die Flammenfärbung eine Nachweisreaktion für Alkali- und Erdalkalimetalle kennen.
- erläutern, dass Veränderungen von Elektronenzuständen mit Energieumsetzungen verbunden sind.

Prozessbezogene Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben, veranschaulichen und erklären zuerst den Vorgang der Anregung des Valenzelektrons in der heißen Flamme und die Entstehung des farbigen Lichts bei dem anschließenden Vorgang der Rückkehr des Valenzelektrons in den ursprünglichen Energiezustand.
- analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede der Flammenfärbung der verschiedenen Alkalimetalle durch kriteriengeleitetes Vergleichen. (Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung)

- strukturieren ihre Arbeitsergebnisse und wenden sie auf weitere Fragestellungen an.
(Kompetenzbereich Kommunikation)

4 Struktur der Doppelstunde (90 Minuten) im Überblick (Tab. 1)

5 Die Methode des Lerntempoduetts als Möglichkeit zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen

Im ersten Teil der Stunde lernen die Schülerinnen und Schüler die Flammenfärbung experimentell kennen, deren theoretische Grundlagen sollen im zweiten Teil der Stunde erschlossen werden. Die theoretischen Grundlagen lassen sich in zwei Hauptthemenbereiche unterteilen: die thermische Anregung des Valenzelektrons in der Brennerflamme und die Klärung der Frage „was ist eigentlich Licht?“. Daher bietet sich eine arbeitsteilige Arbeitsphase mit geeignetem Arbeitsmaterial zu diesen Themen an.

Insbesondere wenn es darum geht, theoretische Grundlagen im Unterricht zu vermitteln, ist es eine zentrale Fragestellung, mit welcher Methode dies geschehen kann. Zentrale Erkenntnisse der konstruktivistischen Lerntheorie werden in aktuellen Studien der Gehirnforschung bzw. der Neurobiologie bestätigt. In beiden Fällen wird davon ausgegangen, dass Unterrichtsinhalte nicht vom Lehrer auf die Schülerin oder den Schüler übertragen werden. Vielmehr muss jeder einzelne Schüler die ihm angebotenen Inhalte aktiv verarbeiten und in seine mentalen Strukturen, also in sein individuelles Wissensnetz integrieren. Diesen Erkenntnissen soll in dieser Stundenplanung Rechnung getragen werden. Dazu wird für die Erarbeitung der theoretischen Grundlagen der Flammenfärbung ein Lerntempoduetts [3] gewählt, das eine arbeitsteilige Erarbeitungsphase vorsieht.

In der ersten Phase des Lerntempoduetts erarbeitet sich die eine Hälfte der Klasse Text 1 (Titel: Thermische Anregung des Valenzelektrons), während die anderen Schülerinnen und Schüler sich mit Text 2 (Titel: Farbige Licht) beschäftigen. Dabei ist es notwendig, dass die Schülerinnen und Schüler sich einen Teil der zu erarbeitenden Inhalte selber aneignen. Sie erarbeiten in Einzelarbeit einen bestimmten Inhalt eigenständig. In dieser Phase der Konstruktion verbindet sich Vorwissen mit neuem Wissen.

Nun folgt ein Wechsel von Einzel- und Partnerarbeit, in dem sich die Lernenden die Inhalte und Aufgabenstellungen er-

schließen. In der nun folgenden Kooperationsphase schließen sich die Paare so zusammen, dass ein Schüler Text 1 und der andere Schüler Text 2 bearbeitet. In der Kooperationsphase stellen sich die beiden Schüler jeweils ihr Arbeitsergebnis vor. Da dieses dem anderen noch unbekannt ist, wirkt die Vorstellung durch den Partner als Aktivierung des Vorwissens. Der Schüler A, der sein Ergebnis vorstellt, muss seine Lösung, während er spricht, erneut durchdenken. Für den Schüler B, der zuhört, sind die Informationen Vorbereitung auf die spätere vertiefende Aufgabe.

Nach dem Austausch lesen die Schüler jeweils den anderen Text, bevor sie sich der vertiefenden Aufgabe zuwenden.

Mit Hilfe dieser Methode wird dem Lerntempo der einzelnen Schüler Rechnung getragen. Für diejenigen Schüler die schneller sind als andere, gibt es eine Zusatzaufgabe zur Spektroskopie. (Zum Beispiel können hier Spektroskope zur Verfügung gestellt werden, die den Schülern ermöglichen, sich das Farbspektrum des Sonnenlichts anzuschauen. Hier kann sich dann auch eine Aufgabe zu verschiedenen Spektren anschließen – vgl. z.B. S. 138 „Leuchtspektren der Elemente“ in [4].)

Wenn die Vertiefungsaufgabe von allen Schülern bearbeitet ist, werden die Ergebnisse im Plenum zusammengeführt. Zur Wiederholung und Sicherung, aber auch, um eventuellen Fragen Raum zu geben.

In der sich anschließenden (Haus-)Aufgabe erfolgt die schriftliche Sicherung. Darin werden die Lernenden aufgefordert, die Ergebnisse der Doppelstunde in einem Zeitungsartikel anlässlich der Schließung des Lieblingsrestaurants von Herrn Bunsen zu reorganisieren.

Hilbert Meyer sagt zu der hier eingesetzten Methode: „Wer seinen Unterricht differenziert, muss sich klar machen, welche Ziele er dabei verfolgt und nach welchen Kriterien er arbeitet. Dabei kommt man mit einem einzigen Kriterium nicht aus. Es gibt mindestens ein personenbezogenes Kriterium (Wer soll in welche Gruppe?) und ein didaktisch-methodisches Kriterium (An welchen Themen, mit welchen Methoden und Medien soll gearbeitet werden?“ [5]. Da die beiden Texte einen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad besitzen, kann eine Form der Binnendifferenzierung vorgenommen werden, indem die leistungsstärkeren Schüler den Text „Farbiges Licht“ zur Bearbeitung vorgelegt bekommen und die leistungsschwächeren den Text „Thermische Anregung des Valenzelektrons“.

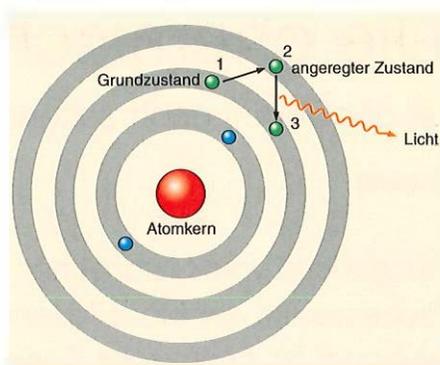


Abb. 7

6 Didaktische Reduktion

Das Phänomen der Flammenfärbung ist aus fachlicher Sicht nicht so einfach, wie in diesem Unterrichtsbaustein dargestellt. Um dem Bildungsniveau und dem Vorwissen in der 8. Klasse Rechnung zu tragen, wurden bei der Stundenplanung einige didaktische Reduktionen vorgenommen. Die auf den Arbeitsblättern verwendeten Begriffe, Zeichnungen und Abkürzungen sind der Alltagssprache und den Vorstellungen der SchülerInnen angepasst. Begriffe wie „Absorption“, „Emission“, „Energiequant“, „Photon“ und „Orbitale“, werden vermieden und mithilfe von Begriffen wie „Energie aufnehmen“, „Energie abgeben“, „Wärme“, „Licht“ und „Elektronenschalen“ umschrieben. Das Schalenmodell der Elektronenhülle wird durch ringförmige Bereiche, die die Aufenthaltsbereiche für die Elektronen darstellen gezeichnet. ■

Anmerkung

Zu diesem Beitrag gibt es Online-Ergänzungen mit Arbeitsblättern.

Literatur

- [1] N. Hantschel: „Vor- und Nachteile einiger Experimente mit Alkalimetallen“, PdN-ChiS 62 (4), 13 (2013)
- [2] M. W. Tausch, M. von Wachtendonk (Hrsg.), Chemie 2000+, Sek. I Gesamtband, C. C. Buchner, Bamberg 2007 ... 2012
- [3] A. Huber, Kooperatives Lernen – kein Problem, Leipzig 2004.
- [4] M. Jäckel, T. Risch (Hrsg.) Chemie heute, Sekundarbereich I, Braunschweig 2001.
- [5] H. Meyer, Was ist guter Unterricht?, Berlin 2004.

Anschrift der Verfasser

Rebecca Roggendorf (Korrespondenzautorin), Prof. Dr. Michael W. Tausch, Bergische Universität Wuppertal, FB C – L13.01/04 Gaußstr. 20, 42119-Wuppertal, E-Mail: rebecca.roggendorf@uni-wuppertal.de