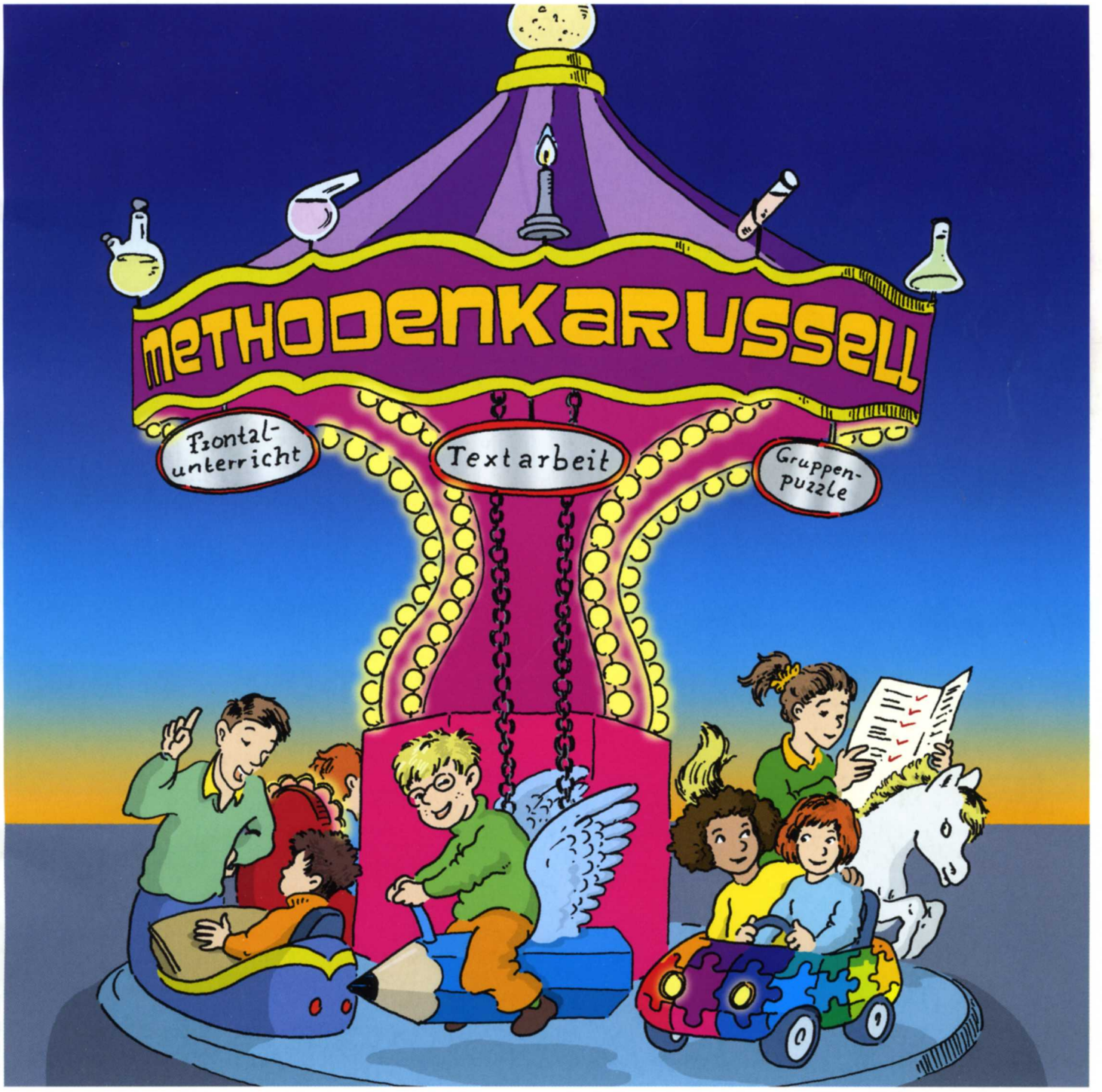
G 21664 F

Heft 8/54 · 1. Dezember 2005 · 54. Jahrgang

Praxis der Naturwissenschaften

Chemie in der Schule

Aulis Verlag Deubner · Köln und Leipzig



Das Wunder der ersten Chemiestunde

J. Lipscher

If you do not expect the unexpected, you will not find it; for it is hard to be sought out, and difficult.
Heraklit [1]

Vorbemerkungen

Der Einsatz des altbekannten Versuches „Blaues Wunder" (Blue Bottle) im Chemieunterricht kann beim besten Willen nicht als originell eingestuft werden, ist er doch mit Recht einer der best dokumentierten Experimente in der chemiedidaktischen Literatur [2, 3]. In diesem Beitrag soll gezeigt werden, dass sich „Blaues Wunder" nicht nur für die Chemieshow in der letzten Lektion vor den Ferien eignet, sondern, dass es auch die angehenden Adepten der chemischen Künste in der ersten Chemielektion fesseln kann. Hierbei werden die Schönheit und der Charm (für eine Definition des Begriffes „exocharmic reaction" siehe [4]) dieses Versuches ausgenutzt, um die Vorgehensweise und Methoden der Chemie als einer exakten Naturwissenschaft ganz zu Anfang des Chemieunterrichtes vorzuzeigen. Dieses Vorhaben lässt sich mit der Methode des fragend-entwickelnden Unterrichtes in einer eleganten Weise realisieren.

Prolog

Zu Beginn der ersten Chemielektion empfiehlt es sich zuerst das Wort „Chemie" unter die Lupe zu nehmen. Im Unterschied zu vielen anderen Wissenschaften (Biologie, Geografie, etc) ist der Name *Chemie* nicht selbsterklärend und die Herkunft des Wortes *Alchemie*, aus dem sich der Begriff *Chemie* entwickelte, ist nicht ganz unumstritten.
Als Nächstes wird dann die Definition der modernen Chemie angesprochen und die drei darin vorkommenden wichtigen Aspekte betont: Beschäftigung mit den Stoffen, Erforschung ihrer Eigenschaften und ihrer Umwandlungen.
Die nachfolgenden Zeilen sollten aufzeigen, dass man alle diese drei Aspekte und die Methodologie der Chemie als einer Naturwissenschaft bereits in der ersten Chemiestunde an einem wahrhaftig wunderschönen Experiment exemplarisch demonstrieren kann.

Erster Akt: Beobachtung

Der Versuch wird von der Lehrkraft, wie im Kasten 1 beschrieben, vorgezeigt. Wichtig ist natürlich, dass das Blauwerden und Ausbleichen der Lösung mehrmals in der Folge demonstriert werden.

Zweiter Akt: Hypothesenbildung

Die Lernenden werden nun nach möglichen Erklärungen dieser Erscheinungen gefragt. In mehr als 15 jährigen Erfahrung des Autors mit dieser Unterrichtseinheit kamen hauptsächlich die folgenden Hypothesen zum Vorschein:

1. Schütteln des Kolbens produziert Wärme und ermöglicht eine Reaktion, welche zur Blaufärbung der Lösung führt. Nach der Abkühlung des Kolbens läuft die Reaktion wieder rückwärts, worauf sich die Lösung wieder entfärbt.
2. Im Kolben befinden sich zwei nicht mischbare Flüssigkeiten, die zusammen zum blauen Farbstoff reagieren können. Durch Schütteln werden die Flüssigkeiten gemischt und die Reaktion wird ermöglicht. Beim Stehen entmischen sich die beiden Flüssigkeiten und die Lösung entfärbt sich.
3. Ein Gas im Kolben reagiert beim Schütteln mit der Lösung unter der Bildung eines blauen Farbstoffes. Anschließend entweicht das Gas und die Lösung entfärbt sich.

Dritter Akt: Überprüfung der Hypothesen

Nun werden die Lernenden angehalten, Versuche zu ersinnen, die es ermöglichen würden, die einzelnen Hypothesen

Kasten 1: Herkunft der Wörter *Alchemie* und *Chemie*

Die erste Spur führt zum Dekret von Diokletian etwa im Jahre 300, welches die Verwendung des Begriffes *chemia* für die Umwandlung des Goldes und des Silbers in alten ägyptischen Schriften erwähnt. Seit dieser Zeit erklärt man dieses Wort als „ägyptische Kunst", da der damalige Name von Ägypten „*Land des Khem*" oder *Khame* lautete. Hierbei bedeutet *Kham* „schwarze Erde", wegen der fruchtbaren schwarzen Erde um den Fluss Nil im Gegensatz zu weißem Sand der umgebenden Gebiete. Eine alternative Erklärung führt auf das gleich lautende griechische Wort *chimeia*, was „Aufguss" bedeutet, und auf die Anfänge der Chemie als Heilkunde hinweisen würde. Welche der beiden etymologischen Möglichkeiten die ursprüngliche war, bleibt umstritten [5]

Kasten 2: Blaues Wunder

2,5 g NaOH und 2,5 g Glucose werden getrennt in je 25 ml Wasser gelöst. Die beiden Lösungen werden in einen 300 ml Erlenmeyerkolben gegossen und das resultierende Gemisch mit 75 ml Wasser verdünnt. Zum Schluss werden einige Tropfen einer 1%igen alkoholisch-wässrigen Methylenblaulösung zugegeben und der Kolben mit einem Schliffstopfen verschlossen. Die blaue Lösung entfärbt sich nach einer kurzen Zeit und wird durch Schütteln wieder blau [3].

zu verifizieren oder zu widerlegen. Die Rolle des Experimentes, einer gezielte Beobachtung der Natur also, sollte von der Lehrkraft als ein zentraler Aspekt des naturwissenschaftlichen Vorgehens hervorgehoben werden.
Es kristallisieren sich in etwa die folgenden Vorgehensweisen heraus:
Erste Hypothese: Der Kolben kann auf eine andere Art, z. B. mit einem Bunsenbrenner, erwärmt werden. Dies kann gleich von der Lehrkraft vorgeführt werden, was zum Widerlegen der ersten Hypothese führt.
Zweite Hypothese: Hier ist bisweilen etwas Hilfe von der Lehrkraft angesagt. Ein Gemisch aus Heptan und Wasser kann den Lernenden gezeigt werden. Dabei bemerken sie, dass man die zwei Schichten sehr leicht sehen kann, was jedoch beim Kolben mit dem „blauen Wunder" gar nicht der Fall ist, ist die Lösung darin doch vollständig homogen. Dies widerlegt die zweite Hypothese.
Es erscheint mir in diesem Stadium der Lektion als sehr wichtig zu betonen, dass die beiden widerlegten Hypothesen keinesfalls von vorneherein unvernünftig waren, sondern erst durch die gezielte Befragung der Natur als der Beobachtung widersprechend entlarvt worden sind.
Dritte Hypothese: Eine Möglichkeit besteht darin, die Lösung in eine Saugflasche umzufüllen und das vorhandene Gas mit einer Vakuumpumpe abzusaugen und anschließend zu zeigen, dass sich die Lösung beim Schütteln nicht mehr blau färbt. Somit kann die dritte Hypothese verifiziert werden.
Im Weiteren ergibt sich noch die Frage, welches Gas an der Reaktion beteiligt war. Die Lernenden erkennen nun unschwer die Möglichkeit, den Kolben wieder zu öffnen, Luft hineinzulassen und die Lösung erneut zu schütteln. Mit diesem Versuch kann bestätigt werden, dass die Luft an dieser Reaktion beteiligt sein muss. Die nächste Frage: Welcher Bestandteil der Luft könnte für die Farbänderung verantwortlich sein? Bei dieser Gelegenheit kann natürlich mit den Neulingen die Zusammensetzung der Luft repetiert werden. Die Druckflaschen mit Stickstoff und Sauerstoff stehen bereit um schlussendlich zu zeigen, dass lediglich der Sauerstoff und nicht etwa der Stickstoff die Blaufärbung der Lösung verursacht.

Vierter Akt: Voraussagen

Die Güte wissenschaftlicher Theorien kann an ihrer Fähigkeit gemessen werden, korrekte Voraussagen des Verhaltens der Natur zu liefern (predictive power). Jetzt gilt es, sich zu überlegen, welche Voraussagen sich aus der nun als richtig eingestuften Hypothese ableiten liessen. Die Lernenden können zum Beispiel erkennen, dass die Oberfläche der farblosen Lösung leicht bläulich gefärbt sein müsste, da sie ja ständig in Kontakt mit dem Sauerstoff im Kolben liegt. Dies kann durch die Beobachtung des ruhenden Kolbens tatsächlich auch bestätigt werden.
Analog können sich die Lernenden fragen, ob das Wunder denn ewig anhalte. Sie sind in der Regel in der Lage, die Bedingungen für das Ende des zyklischen Verhaltens der Lösung vorauszusagen. Die Menge der Chemikalien in der nach der obigen Vorschrift zubereiteten Lösung wird erst nach etwa 40 Minuten erschöpft. Die Lehrkraft kann jedoch eine andere Lösung mit weniger Glucose oder mit einer kleineren Luftmenge zubereiten, so dass initiative Lernende mit diesen Lösungen tatsächlich das Ende des Wunders experimentell nachweisen könnten.

Fünfter Akt: Formulierung

Nun kann zusammen mit den Lernenden die Formulierung der beobachteten Phänomene an die Hand genommen werden. Dieser Schritt soll ebenfalls als ein wichtiger Bestandteil des naturwissenschaftlichen Vorgehens betont werden. Es liegt gewöhnlich nicht in den Möglichkeiten der Studierenden am Anfang des Chemieunterrichtes, die Rolle des Stoffes C (Glucose) ohne Hilfe zu erfassen. Hier hilft der Hinweis der Lehrkraft, dass der Stoff B offensichtlich den Sauerstoff nicht spontan wieder abgibt. Dies macht die Anwesenheit eines dritten Stoffes (Stoff C) einigermassen plausibel.

Stoff A + Sauerstoff → Stoff B
farblos blau

Stoff B + Stoff C → Stoff A
blau farblos

Sechster Akt: Alltagsbezug

Die Lehrkraft kann zu diesem Zeitpunkt auf die Identität der Stoffe A, B und C kurz eingehen. Stoff B kann (ohne Namensnennung) als ein blauer Tintenfarbstoff beschrieben werden, der in zwei Formen existieren kann – der farblosen Form (Stoff A) und der blauen Form (Stoff B). Die Studierenden können nun aufgefordert werden, eine ähnliche chemische Reaktion in ihrem Alltag zu suchen. Einige werden den Bezug zum Tintenkiller herstellen können (die Tatsache, dass der richtige Tintenkiller die Farbstoffe nicht oxidativ sondern reduktiv entfärbt, kann erwähnt werden, spielt jedoch in diesem Zusammenhang keine wesentliche Rolle). Im Weiteren erfahren die Lernenden von der Lehrkraft, dass sich hinter dem Stoff C gewöhnlicher Traubenzucker versteckt. Nun kann die Frage aufgeworfen werden, ob es plausibel sei, dass Traubenzucker bereitwillig mit dem Sauerstoff reagiere. Einige Lernende werden erkennen, dass die gleiche Reaktion im menschlichen Körper abläuft und die Grundlage für die Energiegewinnung bildet.

Epilog: Verankerung im späteren Chemieunterricht

Die Erlebnisse und Erkenntnisse aus der ersten Chemiestunde können im späteren Verlauf des Chemieunterrichtes verankert werden und umgekehrt, neue Unterrichtsinhalte lassen sich mit den Erfahrungen aus der ersten Lektion in Bezug bringen.
So kann beispielsweise die Behandlung der Redoxvorgänge mit dem „Blauen Wunder" angefangen werden, die Umwandlung von Methylenblau in die Leukoform kann bei den Ursachen der Farbigkeit organischer Verbindungen und/oder bei der Behandlung der Mesomerie thematisiert werden. Die Gewinnung von Energie durch die Oxidation von Glucose mit Sauerstoff kann entweder bei der allgemeinen Betrachtung der Rolle der Energie bei chemischen Vorgängen oder bei der Besprechung biochemischer Vorgänge wieder zur Sprache gebracht werden. In fortgeschrittenen Lernveranstaltungen (Leistungskurse, Schwerpunkt-

fächer) kann das „Blaue Wunder“ als ein Modellversuch für Reaktionen im lebenden Organismus dienen [6]. Das Schütteln in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre würde dann dem Atmen entsprechen, die Oxidation der Glucose wäre ein Modell der Verdauung. So lange das System durch Zufuhr von Sauerstoff und Glucose fern vom Gleichgewichtszustand gehalten wird, können die Lebensvorgänge ablaufen.
Ein anderes anspruchsvolles Beispiel der Verknüpfung dieses Versuches mit lebendigen Organismen stellt die „Photo-Blue-Bottle“ von *M. Tausch* dar [7].

Anmerkung
vgl. auch Beitrag von *H. Schmidkunz* auf S. 18f in diesem Heft

Literatur
[1] In *G.S. Kirk*, Heraclitus, The Cosmic Fragments, Cambridge Press, London 1954, zitiert in: *A.L. Mackay*, A Dictionary of Scientific Quotations, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia 1991
[2] *S.C. Engerer* und *A.G. Cook*, The Blue Bottle Reaction as a General Chemistry Experiment on Reaction Mechanism, J. Chem. Ed. 76 (1999) 1519–20
[3] *E. Hünerhoff*, Das Blaue Wunder (Blue Bottle Experiment), MNU, 17 (1964/65), 25
[4] *R.W. Ramette*, Exocharmic Reactions, J. Chem. Ed. 57 (1980) 68–69
[5] The Oxford English Dictionary. 2nd ed. 1989. OED Online. Oxford University Press. 4 Apr. 2000 <http://dictionary.oed.com/cgi/entry/50005304> Zugriff am 10.6.2005
[6] *Tausch, M., von Wachtendonk, M.* (Hrsg.), Chemie 2000+, Bd. 1, C. C. Buchner, Bamberg 2001
[7] *Tausch, M.*, PdN-Ch. 3/43. Jg. 1994, S. 13–18

Anschrift des Verfassers:
Dr. *Juraj Lipscher*, Kantonsschule Baden, Seminarstr. 3, CH-5400 Baden, Schweiz; E-mail: juraj@lipscher.ch

Dampfdruckkurven und Dissoziationskurven

Bestimmungen in Schülerexperimenten

H. Giar

1 Einleitung

Bei flüssigen Stoffen bildet sich über der flüssigen Phase stets auch eine gasförmige Phase. Es entwickelt sich somit ein heterogenes System, ein Einstoffsystem bestehend aus einer Komponente und zwei Phasen. Die beiden Phasen bilden ein Gleichgewicht:

$$CH_3OH_{(l)} \rightleftarrows CH_3OH_{(g)}.$$

Bei der Thermolyse von Carbonaten zu Metalloxiden und Kohlenstoffdioxid entsteht ein Gleichgewicht unter Beteiligung des festen Carbonats, des festen Metalloxids und des gasförmigen Kohlenstoffdioxids:

$$CaCO_{3(s)} \rightleftarrows CaO_{(s)} + CO_{2(g)}.$$

Hierbei handelt es sich ebenfalls um ein heterogenes System, allerdings ein Mehrstoffsystem aus drei Komponenten und zwei Phasen.
Im Chemieunterricht werden solche heterogenen Systeme behandelt im Zusammenhang mit Phasenübergängen beim Destillieren und beim technischen Prozess des Kalkbrennens aber auch als Beispiele für die Steuerung chemischer Vorgänge und für das chemische Gleichgewicht. Hier soll gezeigt werden, wie im Chemieunterricht der gymnasialen Oberstufe in Schülerexperimenten die maßgeblichen thermodynamischen Größen für eine quantitative Beschreibung solcher chemischer Gleichgewichte bestimmt werden können.

2 Theoretische Grundlagen

Von einer Flüssigkeit wie Methanol und einem Gemisch aus einem Carbonat und dem entsprechenden Metalloxid wird gleichermaßen ein gasförmiger Stoff abgegeben und auch wieder aufgenommen und in die flüssige und feste Phase überführt. In einem geschlossenen System stellt sich ein chemisches Gleichgewicht ein mit einer bestimmten Konzentration der Komponente in der Gasphase. Diese Konzentration ist unabhängig von der Menge der Stoffe in der flüssigen und der festen Phase, solange diese überhaupt vorhanden sind. Analog zur Sättigungskonzentration bei dem heterogenen System einer gesättigten Lösung kann somit die Gleichgewichtssituation mit der Konzentration der Komponente in der Gasphase beschrieben werden:

$$c(CH_3OH_{(g)}) = K_c \text{ bzw. } c(CO_2) = K_c.$$