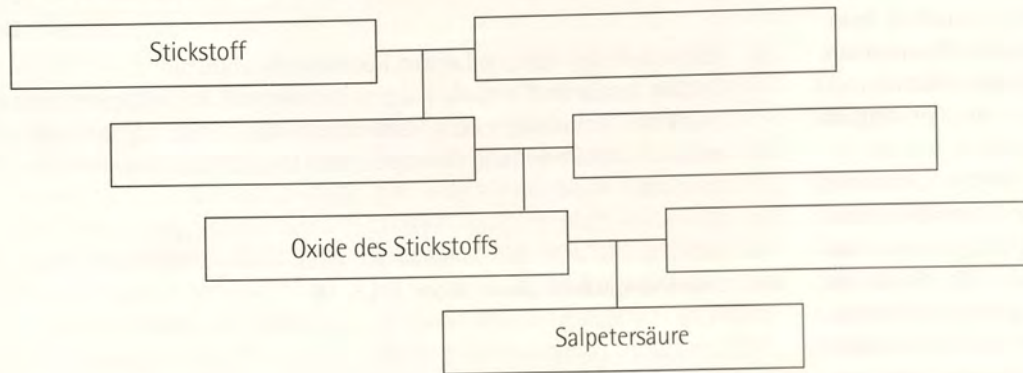


Chemie und Umwelt am Beispiel von Stickstoffverbindungen

Salpetersäure wird in der chemischen Industrie vielfältig verwendet. Sie wird industriell nach dem Ostwald-Verfahren hergestellt. Dabei wird Ammoniak mit Luftsauerstoff katalytisch verbrannt.

▼ AUFGABE 1

Übernehmen und vervollständigen Sie das Schema bis zur Salpetersäure!



Große Tankschiffe transportieren verschiedenste Chemikalien auf Flüssen und Meeren, so auch die Salpetersäure. Als Grundchemikalie wird sie in großem Umfang in der Düngemittelindustrie und für die Farbstoff- und Kunststoffproduktion benötigt.

▼ AUFGABE 2

Äußern Sie sich umfassend zu der in Bild und Presseartikel dargestellten Situation sowie den Folgen, die sich daraus für die Umwelt ergeben können! Denken Sie bei Ihren Ausführungen an:

- chemische Eigenschaften und chemische Reaktionen der Salpetersäure und nitroser Gase
- Wirkung nitroser Gase auf Mensch und Umwelt
- Gewässerbelastung
- Möglichkeit der Schadensbekämpfung

Chemietanker brennt auf Rhein

Ein Löschboot bekämpfte gestern den Brand auf einem mit 1800 Tonnen Salpetersäure beladenem Tankschiff auf dem Rhein vor dem Bayer-Werk in Krefeld Uerdingen. Säure strömte in den Fluss, die Behörden lösten Rheinalarm aus. (Foto: Reuters)

Chemietanker brennt auf Rhein



Die umweltgerechte Entsorgung von belastetem Industrieabwasser ist gesetzlich vorgeschrieben.

▼ AUFGABE 3

Untersuchen Sie die vorliegende Abwasserprobe!

- Ermitteln Sie den pH-Wert!
- Beschreiben Sie Ihr Vorgehen und werten Sie das Ergebnis aus!
- Entwickeln Sie eine Lösungsmöglichkeit zur Entsorgung!

Saurer Regen

▼ AUFGABE 1

Im Zusammenhang mit den Belastungen der Umwelt wird oft der „Saure Regen“ genannt. Fertigen Sie zu diesem Thema ein Mind - Map (eine Gedankenlandkarte) an, indem Sie die aufgeführten Begriffe verwenden!

Schweflige Säure – Korrosion von Metallen – Katalysator

Kohlenstoffdioxid – Neutralisation – Luftverschmutzung

Filter im Schornstein – Schwefeldioxid – Industrieabgase

Wirkung auf die Umwelt – Kohlensäure

Versauerung von Boden und Gewässer – Verwitterung alter Bauwerke

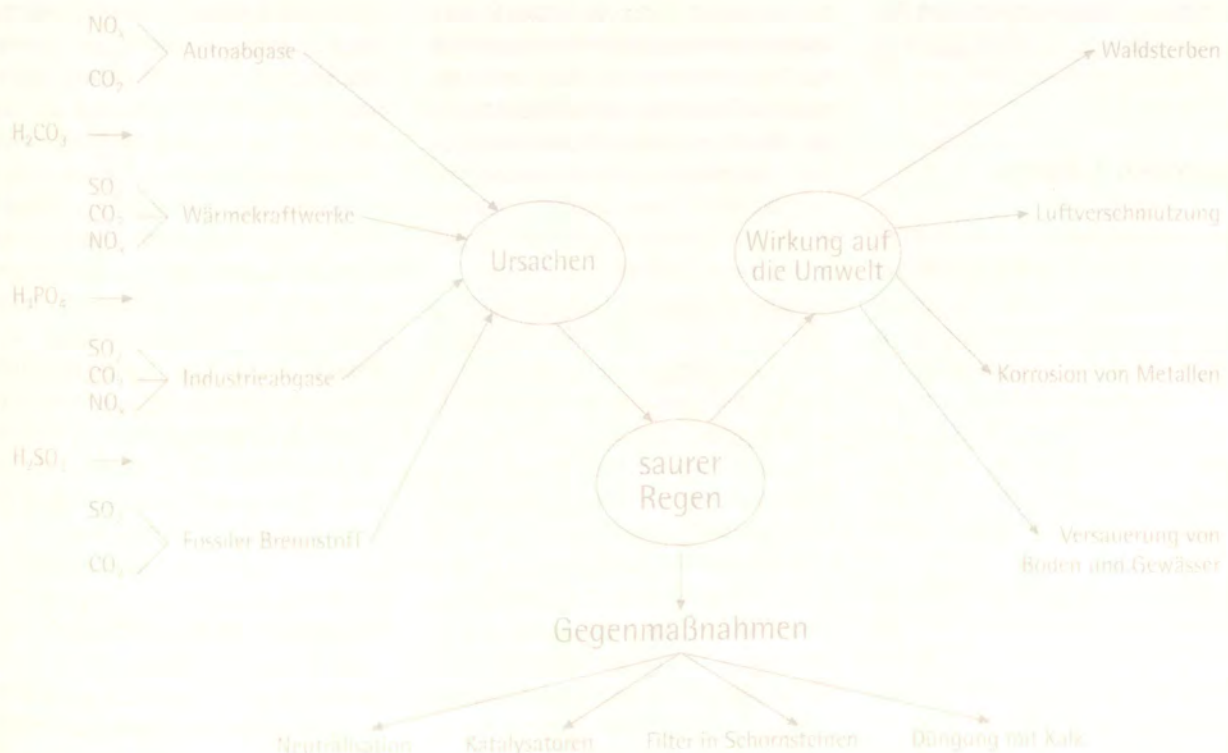
Fossile Brennstoffe – Stickoxide – Autoabgase – Saurer Regen

Wärme Kraftwerke – Gegenmaßnahmen – Düngung mit Kalk

Ursachen Waldsterben – Salpetersäure

▼ AUFGABE 2

Formulieren Sie für zwei dieser Sachverhalte mögliche Reaktionsgleichungen!



Rotwein in der Schule?

Aufgaben zu Basiskompetenzen

Von Volker Hofheinz, Jochen Schmitz und Martin Gröger

„Ich finde solche Überprüfungen des Wissens der Schüler sehr gut, da der Lehrer so am besten überprüfen kann und der Unterricht ein bisschen aufgelockert wird.“
(Kathrin, 11. Klasse)

Wir stellen beispielhaft eine Aufgabe für Schülerinnen und Schüler ab der Jahrgangsstufe 11 vor, die sich nicht nur auf eng begrenzte, lehrplanvalide Unterrichtsinhalte bezieht, sondern die Bearbeitung „naturwissenschaftlicher Prozesse“, verstanden als Basiskompetenzen einer scientific literacy, verlangt. Ein Forschungsergebnis [3, 4] zum Zusammenhang von Rotweinkonsum und Herzerkrankungen wird gerafft dargelegt. Mit dieser Textgrundlage sollen die Lernenden nicht bloß ihr erlerntes Wissen wiedergeben und anwenden, sondern vor allem den Umgang mit komplexen Informationen üben und die Vielschichtigkeit von naturwissenschaftlichen Forschungsproblemen entdecken (vgl. auch [1] u. [2]).

Die einzelnen Aufgaben

In einem ersten Schritt muss von den Lernenden die Forschungslage erschlossen werden. Zur Beantwortung von Aufgabe 1 soll zunächst das Forschungsproblem herausgestellt werden, um dann die von Corder et al. gefundene Antwort zu reproduzieren. Dabei zeigt sich in der Praxis, dass etwa drei Viertel der getesteten Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, eine sinnvolle und differenzierte Antwort zu finden.

Aufgabe 2 erlaubt eine Beantwortung auf unterschiedlichem Niveau: Von der einfachen Antwort „Rotwein“ über begründete Antworten, warum Rotwein empfohlen wird, bis hin zu differenzierten Antworten, dass generell Rotweine der Traubensorte Cabernet Sauvignon hohe Farb- und Gerbstoffgehalte aufweisen

und hier besonders der argentinische des Jahrgangs 2000. Die Schülerantworten sind dementsprechend gestreut. Je nachdem ob die Aufgabe in Übungsphasen oder bei einer Lernerfolgsüberprüfung eingesetzt wird, schult oder prüft sie den Umgang mit Evidenzen.

Die Aufgaben 3 und 4 ermöglichen eine kritische Sicht auf die Forschungslage und tragen damit der Tatsache Rechnung, dass für komplexe Probleme selten einfache Lösungen zu finden sind [vgl. 5, 6, 7]. Es geht aber nicht darum, mögliche „Fehler“ in der Untersuchung der Londoner Forscher zu finden, sondern Schlussfolgerungen zu ziehen und dann Parameter einzugrenzen, innerhalb derer die Untersuchung Gültigkeit beweist. Sinnvolle weitere Untersuchungen wären z. B. die Frage der Übertragbarkeit auf den Menschen, die Frage, ob die Produktion von Endothelin-1 im Körper allein für Herzinfarkte verantwortlich gemacht werden kann, die Frage, ob auch andere Stoffe in anderen Nahrungsmitteln die Produktion von ET-1 blockieren können, die Frage der Stichprobe bzw. ob die Studie repräsentativ ist, die Frage nach den negativen Begleiterscheinungen des Alkoholkonsums etc. . . . Schülerinnen und Schüler neigen hier oftmals zu rein monokausalen Antworten.

Aufgabe 4 gleicht einer Dekonstruktion und erfordert eine Neubewertung der in der Textgrundlage vorgestellten Studie, die verständlich kommuniziert werden muss. Dies fällt unserer Erfahrung nach Schülerinnen und Schülern extrem schwer, sie verharren oftmals auf einer rein deskriptiven Ebene, d. h., sie fassen die neuen Informationen lediglich mit ihren eigenen Worten zusammen. Häufig merken sie auch an, dass die Ergebnisse nichts mit der dargelegten Studie zu tun haben, weil in der neueren Studie [8] Amerika mit Frankreich verglichen wird und nicht England mit Frankreich. Hier zeigt sich, dass diese Schülerinnen und Schüler offenbar noch



relativ wenig Verständnis zeigen für das empirisch-methodische Vorgehen der Naturwissenschaften, weil letztlich die Prämisse der Studie von Corder et al. in Frage zu stellen wäre.

Methodische Vielfalt

Als im Unterricht reizvoll hat sich der Einsatz der beiden Aufgaben leicht abgewandelt in Form eines Rollenspiels erwiesen: Einer Schülergruppe wird die Textgrundlage ausgegeben, und sie erhält auf einer Karteikarte die Arbeitsanweisung, in die Rolle der Londoner Forscher zu schlüpfen, die Studie darzulegen und mögliche Folgeuntersuchungen dem Plenum vorzustellen. Eine andere Gruppe erhält ebenfalls die Textgrundlage und zusätzlich die in Aufgabe 4 gegebenen Informationen verbunden mit dem Arbeitsauftrag, die Rolle der Wissenschaftler der Universität Pennsylvania einzunehmen. Auf einer Podiumsdiskussion treffen die beiden Gruppen aufeinander und diskutieren. Das Plenum, welches sich an der Diskussion aktiv beteiligen kann, hat – ohne die Textgrundlage zu kennen – auf Karteikarten die Arbeitsanweisung erhalten, als Nobelpreiskomitee die Stichhaltigkeit der Argumentation zu begutachten.

Fachwissen im Kontext

In den Aufgaben 5 bis 7 geht es verstärkt um chemisches bzw. biologisches Faktenwissen. Sie erfordern aber selbstverständlich auch eine Verknüpfung mit naturwissenschaftlichen Kompetenzen. In

Aufgabe 5 setzen viele Lernende ihren Taschenrechner ein und errechnen einen im Kontext der Aufgabe eher unsinnigen Wert von „3,866“. Die Aussage, dass der Gehalt an Polyphenolen in einem Milliliter des chilenischen Cabernet Sauvignons aus dem Jahre 2000 veranschaulicht werden kann mit etwa vier Einwohnern der Stadt Leipzig, kann Anlass für weitere Diskussionen über Konzentrations- und Gehaltsangaben etwa im Umweltbereich geben.

Während Aufgabe 6a auch lebensweltlich beantwortet werden kann („ein aufgeschnittener Apfel wird braun“), ist die Teilaufgabe 6b ohne chemische Kenntnisse zur Oxidation von Alkanolen nicht lösbar. Interessant ist hier jedoch, dass sich einige Schülerinnen und Schüler nicht vom Kontext lösen können, in dem sie ihr Wissen erworben haben: Sie formulieren eine Redoxreaktion mit Kupferoxid! Der rein chemische Zugriffsmodus scheint hier dominant zu bleiben und das Wissen kann letztlich nicht dekontextualisiert werden.

Aufgabe 7 ist eine Standardaufgabe aus dem Biologieunterricht. Wurden Enzyme im Unterricht bereits besprochen, handelt es sich freilich nur um eine reine Reproduktion in einem neuen Anwendungskontext. Reizvoll ist aber der Einsatz dieser Aufgabe, wenn die Schülerinnen und Schüler noch keine Vorkenntnisse zu Enzymen mitbringen. Sowohl das Schlüssel-Schloss-Prinzip als auch die Wirkungsweise von Hydrolasen sowie die Prinzipien der kompetitiven und allosterischen Hemmung können in einem realen Anwendungskontext [9] quasi entdeckt werden.

Ergänzend zu den Aufgaben bietet sich im Anschluss auch der experimentelle, dünnschichtchromatographische Nachweis eines Polyphenols (Resveratrol), wie in [10] beschrieben, an.

Anforderungsniveau

In **Tabelle 1** sind die Aufgaben den in PISA untersuchten „naturwissenschaftlichen Prozessen“ zugeordnet. Die einzelnen Prozesse kennzeichnen zugleich einen steigenden Anspruch, der mit den gängigen, schulischen Anforderungsbereichen Reproduktion, Anwendung/Transfer und Reorganisation/Problemlösen nur teilweise erfasst werden kann.

Aufgabe	Prozessvariable						
	1	2	3	4	5	6	7
Fragestellungen erkennen, die naturwissenschaftlich untersucht werden können	X						
Belege/Nachweise identifizieren, die in einer naturwissenschaftlichen Untersuchung benötigt werden		X	X		X		
Schlussfolgerungen ziehen und bewerten		X		X		(X)	(X)
Gültige Schlussfolgerungen kommunizieren			X	X		X	X
Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte zeigen			X	X			

Tab. 1: Zuordnung der Aufgaben zu „naturwissenschaftlichen Prozessen“

Die Zuordnung der Aufgaben 6 und 7, die am ehesten klassischen Schulbuchaufgaben entsprechen, fällt je nach Vorwissen der Lernenden unterschiedlich aus. Schwierigkeiten bereiten den Schülerinnen und Schülern die komplexeren Aufgaben 3 und 4, die mehreren Prozessvariablen zugeordnet werden können. Es gelingt ihnen oft nicht, sich von den Angaben im Text zu lösen und weitergehende Informationen bzw. Parameter für eine Untersuchung zu benennen oder ein grundlegendes Prinzip zu übertragen.

Diese Resultate decken sich mit denen der PISA-Studie und stützen somit die aktuellen Forderungen nach einem methodenreicheren, lernprozessorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht, der konzeptuelles Verständnis und eigenständiges Arbeiten an komplexen, authentischen Problemen fördert. Derartige Aufgaben sind sicherlich ein Mittel, diesen Forderungen nachzukommen.

► **Volker Hofheinz**, StR für Chemie und Deutsch
hofheinz@chemie.uni-siegen.de

Dr. Martin Gröger, Dipl. Chem., StR i. H.
groeger@chemie.uni-siegen.de
Universität Siegen
Fachbereich 8 Chemie-Biologie
Didaktik der Chemie

Adolf-Reichwein-Str. 2, 57068 Siegen

Dr. Jochen Schmitz, Stud.Ref. für Chemie und Pädagogik am Ritzeveld-Gymnasium in Stolberg, Studienseminar für Lehrämter an Schulen – Aachen
jschmitz@lo-net.de ◀

Literatur

- [1] OECD Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.): Schülerleistungen im internationalen Vergleich: Eine neue Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten. Ausgabe in deutscher Sprache. Berlin 2000: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- [2] Gröger, M.; Schmitz, J.; Hofheinz, V.: Fragen aus dem realen Leben. Aufgaben in Anlehnung an die PISA-Studie. In: NiUP 13 (2002), Heft 67, S. 21–23.
- [3] Corder, R.; Douthwaite, J. A.; Lees, D. M.; Khan, N. Q.; Santos, A. Wood, E. G.; Carrier, M. J.: Endothelin-1 synthesis reduced by red wine. Red wines confer extra benefit when it comes to preventing coronary heart disease. In: Nature 414 (2001), S. 863–864.
- [4] Corder, R. et al.: Experimental details (2001).
<http://www.nature.com/nature/journal/v414/n6866/extref/414863a-s1.doc>
- [5] Craplet, M. I.: French Paradox.
<http://www.eurocare.org/profiles/france/paradoxeng.htm>
- [6] Grätzel von Grätz, P.: Cabernet-Sauvignon und Tannat-Weine schützen das Herz am besten. Ärzte Zeitung, 27.06.2003, <http://www.aerztezeitung.de/docs/2003/06/27/118a0301.asp>
- [7] Watzl, B.; Briviba, K.; Rechkemmer, G.: Anthocyane. Ernährungs-Umschau 49 (2002) Heft 4, <http://www.bfa-ernaehrung.de/Bfe-Deutsch/Information/pflanzenstoffe/artikel7.pdf>
- [8] University of Pennsylvania: Smaller portions in restaurants and markets may explain the „French paradox“, of rich foods and a svelte population. Office of University Communications, August 21 (2003), <http://www.upenn.edu/pennnews/article.php?id=272>
- [9] Sorokin, A.; Kohan, D. E.: Physiology and pathology of endothelin-1 in renal mesangium. American Journal of Physiology – Renal Physiology, Oct 2003, 285, F579–F589.
- [10] Hahn-Deinstrop, E.; Koch, A.: Rotwein als Schutz vor oxidativem Stress? Nachweis von Resveratrol mittels Dünnschicht-Chromatographie [DC]. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 13 (2002), Heft 69, S. 39–41.

AUFGABE

Ein Gläschen in Ehren kann niemand verwehren ...

... und sollte dies auch nicht, wenn man den jüngsten Forschungsergebnissen der Wissenschaftler Glauben schenkt. Schon bei den alten Griechen wurde Wein als Allheilmittel eingesetzt und der Volksmund weiß zu berichten, dass Wein – in Maßen genossen – durchaus gesundheitsförderlich sein kann.

Es gilt mittlerweile als sicher, dass es einen Zusammenhang zwischen fettem Essen und der Wahrscheinlichkeit einer Herzattacke gibt: Je fetthaltiger die Nahrung, desto größer das Herzinfarkttrisiko. Zu einem Herzinfarkt kann es kommen, wenn durch Ablagerungen in den Adern die Blutversorgung des Herzmuskels plötzlich unterbrochen wird. Trotz vergleichbarer Essgewohnheiten sind tödliche Herzkrankungen in Frankreich dennoch viel seltener als in England. Eine mögliche Lösung für diesen Widerspruch, der als french paradox bekannt wurde, scheint jüngst ein Forscherteam der Queen Mary Universität in London gefunden zu haben: Nirgends wird mehr Rotwein getrunken als in Frankreich!

Bekannt ist, dass geringe Alkoholmengen ganz allgemein die fließfähigen Eigenschaften des Blutes verbessern und damit das Risiko gefährlicher Blutgerinnsel mindern, die letztlich einen Herzinfarkt oder Schlaganfall auslösen können. Die

gesundheitsfördernde Wirkung speziell von Rotwein führen diese Forscher jedoch auf einige chemische Verbindungen aus der Gruppe der „Polyphenole“ zurück, zu der auch die Gerb- und Farbstoffe der Rotweintrauben gehören. Neben Wasser und trinkbarem Alkohol (Ethanol) enthält Rotwein – im Gegensatz zu Weiß- und Roséwein – nämlich auch Gerbstoffe aus den Traubenschalen und Kernen. Dies liegt daran, dass bei der Rotweinherstellung die Trauben mitsamt der Schalen und Stiele gepresst und vergoren werden.

Die Londoner Forscher konnten – wie sie in der britischen Fachzeitschrift „Nature“ (Bd. 414, S. 863) berichten – in Experimenten mit Schlagadern von Rindern zeigen, dass Polyphenole aus Rotwein in der Lage sind, die Herstellung von Endothelin-1 (ET-1) zu blockieren. ET-1 wird in unserem Körper produziert. Dieser Stoff kann unter anderem Adern enger und damit blutundurchlässiger machen. Daher kann er aus Sicht der Wissenschaftler Herzattacken begünstigen.

Bereits sehr geringe Mengen Rotwein können die Produktion von Endothelin-1 stark hemmen. Traubensaft, Weiß- und Roséwein sind dazu so gut wie nicht in der Lage.

Getestete Getränke (Auswahl)

Untersucht wurden insgesamt 23 Rotwein-, 4 Weißwein-, 1 Roséweinsorte und roter Traubensaft.

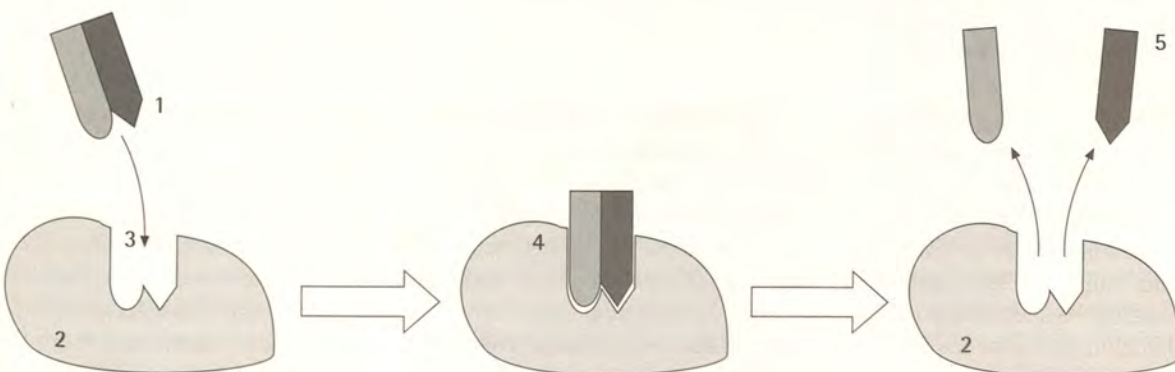
Jahrgang	Traubensorte	Herkunft	Gehalt an Polyphenolen in µmol pro mL
Rotwein			
1999	Cabernet Sauvignon	Frankreich	7,60
1999	Merlot	Australien	6,43
1999	Merlot	Frankreich	4,34
2000	Cabernet Sauvignon	Argentinien	8,99
2000	Cabernet Sauvignon	Chile	7,97
2000	Merlot	Chile	6,13
2000	Shiraz	Australien	5,72
Roter Traubensaft			
?	?	Frankreich	1,77
Weißwein			
2000	Chardonnay	Australien	1,05
2000	Pinot Gris	Frankreich	0,96
Roséwein			
2000	Cabernet Sauvignon	Frankreich	1,28

AUFGABE

Aufgaben

- Geben Sie an, welche Antwort die Wissenschaftler der Queen Mary Universität in London auf Ihr Forschungsproblem gefunden haben!
- Sie werden gebeten, eine Empfehlung für einen Wein auszusprechen, der laut Studie der Londoner Forscher besonders gut vor Herzattacken schützt. Was empfehlen Sie? (Bitte mit Begründung!)
- Es gibt Forscher, die mit ihren Untersuchungsmethoden zum Zusammenhang von Weingenuss und Herzinfarkten zu ganz anderen Ergebnissen gekommen sind als die Wissenschaftler aus London. Geben Sie an, welche weiteren Untersuchungen die Londoner Wissenschaftler durchführen müssten, damit ganz sicher bewiesen ist, dass Rotwein Herzinfarkte verhindert.
- Eine Studie von Wissenschaftlern der Universität Pennsylvania, USA, zeigt, dass Essportionen, die in Restaurants oder auch in Supermärkten angeboten werden, in Frankreich generell kleiner sind als in den USA. Sie verglichen die Portionsgrößen in 11 Paaren von Fast-Food-Filialen, Pizzerien, Eiscafés und anderen Restaurants. Während eine Essportion in Paris im Schnitt 277 Gramm wog, kamen in Philadelphia bei der gleichen Mahlzeit durchschnittlich 346 Gramm auf den Teller. Diskutieren Sie aufgrund dieser Erkenntnisse die Ergebnisse der Forscher der Queen Mary Universität, London!
- Die Gehaltsangabe an Polyphenolen in den getesteten Weinen erfolgt in $\mu\text{mol/mL}$, dies sind umgerechnet 10 – 6 mol pro mL. Veranschaulicht entspricht diese Größe in etwa einem einzigen Einwohner in der Stadt Köln. Veranschaulichen Sie den Polyphenolgehalt des getesteten chilenischen Cabernet Sauvignons aus dem Jahre 2000, indem Sie den Gehalt mit der Einwohnerzahl von Leipzig verdeutlichen.
- Polyphenole wirken als so genannte „Antioxidationsmittel“, d. h., sie verhindern eine Oxidation. Lebensmitteln gibt man häufig Antioxidationsmittel zu.
 - Begründen Sie den Einsatz dieser Stoffe in Lebensmitteln aus chemischer Sicht!
 - Wer größere Mengen Alkohol konsumiert, muss dies u. a. häufig mit einem „Kater“ am nächsten Morgen „bezahlen“. Maßgeblich verantwortlich für das Unwohlsein ist ein Stoff namens Ethanal (Acetaldehyd). Erklären Sie so genau wie möglich, wie Ethanal im menschlichen Körper entsteht!
- Die Herstellung von Endothelin-1 im Körper erfolgt durch ein Enzym. Enzyme sind – ganz allgemein gesprochen – Biokatalysatoren. Schematisch kann man sich dies wie in der Abbildung dargestellt vorstellen. Entwickeln Sie eine Idee, wie Polyphenole wirken können!

Stadt	Einwohnerzahl (Stand: 12/2002)
Köln	ca. 1.020.116
Leipzig	ca. 494.795



Legende:

1 = Substrat; 2 = Enzym; 3 = aktives Zentrum; 4 = Enzym-Substrat-Komplex; 5 = Endothelin-1

Versuchsprotokolle kooperativ erstellen

Von Torsten Witteck und Ingo Eilks

Neben der Vermittlung fachlicher Inhalte und der Auflösung fachbezogener Fragestellungen ist es auch Aufgabe des Chemieunterrichts, die Schülerinnen und Schüler an das naturwissenschaftliche Arbeiten heranzuführen. Hierbei spielen chemische Experimente eine zentrale Rolle. So besteht weitgehend Übereinstimmung, dass die Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht möglichst früh an das Experimentieren herangeführt werden sollen und hierbei auch eigenständig Experimente durchführen. Dies wird nicht nur als Bestandteil naturwissenschaftlichen Arbeitens sondern auch als einzigartige Möglichkeit des Lernens gesehen, weil es den Lernenden erlaubt, mit Verständnis zu lernen und gleichzeitig in den Prozess der Konstruktion von Wissen eingebunden zu sein, indem sie naturwissenschaftlich arbeiten [1].

Dies schließt auch die Dokumentation und Auswertung von Experimenten ein, wobei dem Versuchsprotokoll eine zentrale Aufgabe zukommt [2]. Im Versuchsprotokoll werden die ausgeführten Aktivitäten, die gemachten Beobachtungen und die erarbeiteten Deutungen im Rückblick beschrieben und reflektiert. Es wird aber auch eine Dokumentation und damit Sicherung erstellt, die Voraussetzung für das weitere Arbeiten ist.

So wird das Protokollieren von Versuchen bereits früh im Anfangsunterricht eingeführt und immer wieder geübt. Dennoch sind Lehrerinnen und Lehrer nicht immer mit der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler zufrieden, Versuchsprotokolle zu erstellen. Dies deckt sich mit vielen Untersuchungen über die Effekte experimenteller Arbeit im naturwissenschaftlichen Unterricht (z. B. [2, 3]).

Zwar empfinden die Schülerinnen und Schüler die Laborarbeit in den meisten Fällen als wesentlichen und sehr motivierenden Teil des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Das erhoffte Lernen

Unterteilung	Bemerkung
Name, Datum	
Thematik/ Fragestellung	
Sicherheitsmaßnahmen	Die Behandlung der Sicherheitsmaßnahmen kann im Anfangsunterricht entfallen und sollte ggf. auch abhängig vom Versuch aufgenommen oder weggelassen werden.
Chemikalien	
Geräte	
Versuchsskizze	
Durchführung	Beschreibung der Versuchsdurchführung in allen Schritten. Aber: Es dürfen keine Beobachtungen einfließen, die dabei jeweils gemacht werden.
Beobachtung	Beschreibung aller Beobachtungen. Aber: Es wird nur notiert, was tatsächlich beobachtet, gerochen oder gehört wurde, ohne dass bereits Deutungen oder Interpretationen vorgenommen werden.
Auswertung und Deutung	Bei der Auswertung werden die Beobachtungen gedeutet. Hier können auch Vorwissen und theoretische Überlegungen einfließen. Aber: Aspekte der Durchführung oder Beobachtung, die oben nicht benannt wurden, dürfen nicht erst hier auftauchen.

Abb. 1: Raster für die Erstellung eines Versuchsprotokolls

von Chemie entlang der Experimente findet aber leider nicht in gleichem Maße statt. So konzentrieren die Schülerinnen und Schüler ihre Beobachtungen (und ihre Versuchsprotokolle) nicht immer auf das, aus fachlicher Sicht, Wesentliche des Versuches. Sie stellen oftmals nicht die Bezüge zwischen ihrer experimentellen Tätigkeit und den im übrigen Unterricht behandelten fachlichen Konzepten her. Und sie trennen häufig auch nicht sauber zwischen Durchführung, Beobachtungen und Auswertung/Deutung, obwohl entsprechende Raster in der Regel eingeführt werden, die eine klare Trennung fordern (vgl. **Abb. 1**).

Lösungsansätze, die vorgeschlagen werden, fordern in der Regel, intensiver über Sinn, Ablauf und Deutung der Experimente im Unterricht zu sprechen. Dabei sollten für die Lernenden Möglichkeiten vorhanden sein, individuell über ihre Beobachtungen, Hypothesen, Konzepte und Theorien zu reflektieren und diese zu klären, wobei der Dialog mit anderen es auch erlaubt, auf deren Ideen zurückzugreifen [2].

So sollte man auch bei der Erstellung von Versuchsprotokollen die Kommunikation anregen, damit diese nicht rein individuell und nur mit Rückmeldung seitens der Lehrkraft erstellt werden. Or-

ganisiert werden kann dies entlang der Aufgabe „Erstellt gemeinsam ein Versuchsprotokoll!“ und ihrer Lösung mit der 1-2-4-Alle-Methode (auch Schneeball-Methode).

Die 1-2-4-Alle-Methode

Nachdem der Versuch durchgeführt und mit der Lerngruppe besprochen worden ist, erhalten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, mit der ganzen Klasse gemeinsam nach der 1-2-4-Alle-Methode ein Versuchsprotokoll zu erstellen. Hierzu erstellt zunächst jede Schülerin bzw. jeder Schüler in Eigenarbeit ein Versuchsprotokoll. Dies folgt einem vorgegebenen Schema, das von der Lehrerin bzw. dem Lehrer vorgestellt und erläutert worden ist. Ein solches Schema ist in vielen Schulbüchern vorgeschlagen. Danach vergleichen zwei Schülerinnen bzw. Schüler, die nebeneinander sitzen, ihre Lösungen und erarbeiten hiervon ausgehend auf einem neuen Blatt ein gemeinsames Protokoll. Anschließend gibt es zwei Varianten:

Variante 1: Je zwei Schülerpaare setzen sich zusammen und besprechen die zuvor erstellten Protokolle. Sie erarbeiten ein gemeinsames Protokoll der nun vier Schülerinnen bzw. Schüler. Hierfür erhalten sie die Vorlage eines Protokollschemas auf Folie kopiert. Dieses zerschneiden sie in die verschiedenen Bereiche des Protokolls. Auf diesen Folienschnipseln notieren sie die gemeinsam erarbeitete Lösung der einzelnen Punkte. Bei der anschließenden Besprechung werden die einzelnen Punkte auf dem Overhead-Projektor präsentiert. Aus den Vorschlägen der einzelnen Gruppen wählt die gesamte Lerngruppe für jeden Bereich die beste Lösung aus und setzt diese zum gemeinsam erarbeiteten Protokoll zusammen.

Variante 2: Je zwei Schülerpaare setzen sich zusammen und besprechen die zuvor erstellten Protokolle. Sie erarbeiten ein gemeinsames Protokoll der nun vier Schülerinnen bzw. Schüler, wobei aber die ersten Punkte (Geräte, Chemikalien, Skizze) nicht auf Folie übertragen werden. Nur die Punkte Durchführung, Beobachtung und Auswertung/Deutung werden neu durch die verschiedenen Gruppen erarbeitet und auf den Folienschnipseln aufgeschrieben. Bei geübte-

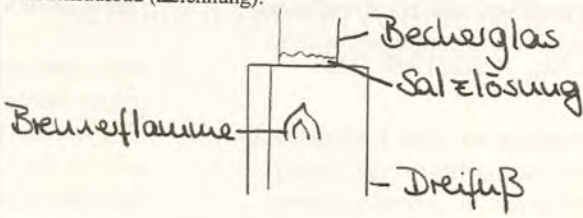
Fragestellung / Thematik: Was passiert, wenn man eine Salzlösung erhitzt?
Geräte: Gasbrenner, Becherglas, Dreifuß
Chemikalien: Salzlösung
Versuchsaufbau (Zeichnung): 
Durchführung: <p>Eine Salzlösung wird in ein Becherglas gefüllt und das Becherglas auf den Dreifuß gestellt. Darunter kommt ein Gasbrenner mit der rauschenden Flamme, die Salzlösung wird erhitzt.</p>
Beobachtungen: <p>Nach einiger Zeit hat die Salzlösung angefangen zu kochen und das Wasser verdampft. Salz bleibt im Glas über.</p>
Auswertung: <p>Das Wasser verdampft, weil es einen anderen Siedepunkt hat als Salz. Die Salzlösung wird getrennt. Den Vorgang nennt man Abdampfen.</p>

Abb. 2: Versuchsprotokoll einer Schülerin

ren Gruppen kann dies auch arbeitsteilig geschehen. Im Anschluss wird das Protokoll besprochen, indem die Folienschnipsel der einzelnen Punkte auf dem Overhead-Projektor präsentiert und diskutiert werden. Es wird nun das gemeinsam erarbeitete Protokoll der gesamten Lerngruppe zusammengesetzt. Eine Folienvorlage zur Anleitung der Arbeitsschritte findet sich in **Abbildung 1**.

Während der Erarbeitung ist es wichtig, dass das Anfertigen des Versuchsprotokolls eigenständig und ohne Eingriff der Lehrkraft erfolgt. Die Motivation der Schülerinnen und Schüler ist dabei in der Regel sehr hoch, da diese sich aktiv mit dem Lerngegenstand auseinandersetzen und ihre Lösung gegenüber den Mitschülerinnen und Mitschülern rechtfertigen müssen. Die Schülerinnen und Schüler können sich in der Kleingruppe

frei entfalten und müssen keine Ängste haben, sich vor der Klasse zu blamieren.

Erfahrungen aus dem Unterricht

Die Aufgabe und die 1-2-4-alle-Methode kann prinzipiell bei jedem Versuch Anwendung finden. Eingesetzt wurde sie von uns im Anfangsunterricht häufig bei der Einführung des Versuchsprotokolls. Dies kann etwa im Rahmen der Behandlung von Stoffeigenschaften und Trennverfahren geschehen. Ein Beispiel zum Abdampfen von Salzwasser aus dem Anfangsunterricht an der Realschule ist in **Abbildung 2** dargestellt.

Erfahrungen aus verschiedenen Lerngruppen haben gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler in der ersten Phase oftmals Schwierigkeiten haben, alleine

Das Versuchsprotokoll mit der 1-2-4-Alle-Methode



1. Erstellt zunächst in Eigenarbeit ein Versuchsprotokoll, nachdem das Experiment durch – bzw. vorgeführt und besprochen worden ist.



2. Vergleicht jeweils mit eurer Tischnachbarin bzw. eurem Tischnachbarn eure Lösung. Erarbeitet hiervon ausgehend auf einem neuen Blatt ein gemeinsames Protokoll.



3. Besprecht mit je einem anderen Schülerpaar die zuvor erstellten Protokolle. Zusätzlich erhaltet ihr in der Gruppe das Schema für das Versuchsprotokoll auf Folie kopiert. Zerschneidet dieses so, dass ihr für jeden Bereich einen Schnipsel der Folie habt. Notiert auf diesen Folienschnipseln die nun gemeinsam erarbeitete Lösung für die einzelnen Punkte.



4. Präsentiert eure Lösungen für die einzelnen Punkte der ganzen Klasse auf dem Overhead-Projektor. Vergleicht diese mit den Lösungen der anderen Gruppen und wählt mit der ganzen Klasse aus allen Vorschlägen für jeden Bereich die beste Lösung aus. Setzt diese zu eurem gemeinsam erarbeiteten Protokoll zusammen und übernehmt dieses ins Heft.

Variante:

Wenn ihr schon Erfahrungen mit Versuchsprotokollen habt, notiert nur die Lösungen für die Bereiche Durchführung, Beobachtung und Auswertung/Deutung auf die Folienschnipsel. Die anderen Punkte werdet ihr auch so richtig gemacht haben. (Bei sehr viel Erfahrung könnt ihr hierbei evtl. auch arbeitsteilig vorgehen. Fragt eure Lehrerin bzw. euren Lehrer!) Präsentiert eure Lösungen auf dem Overhead-Projektor. Ergänzt die Lösungen, falls es noch etwas zu verbessern gibt. Aus den Vorschlägen und der Überarbeitung wird nun euer gemeinsames Protokoll zusammengesetzt. Übernehmt das Protokoll ins Heft.

ein hinreichendes Protokoll zu formulieren. Auch hat es sich gezeigt, dass insbesondere die Punkte Durchführung, Beobachtung und Auswertung/Deutung lückenhaft bearbeitet werden und eine saubere Trennung zunächst oftmals nicht stattfindet.

Mit Beginn der Arbeit in den Zweier- und dann Vierergruppen tauschen sich die Schülerinnen und Schüler dann aber intensiv aus und gelangen schnell zu immer besseren Lösungen für die einzelnen Punkte. Wenn die Schülerinnen und Schüler miteinander diskutieren, werden zumeist auch die vorhandenen Lücken und Nachlässigkeiten geschlossen. Auch bei der Trennung von Durchführung, Beobachtung und Auswertung hat sich gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler durch gegenseitiges Korrigieren die drei Punkte zunehmend besser trennen. Um eine anfängliche Unsicherheit und Ablehnung dieses Arbeitens zu vermindern oder zumindest zu überbrücken, sollte den Schülerinnen und Schülern das Vorgehen vor Beginn ausführlich erklärt werden. Dies umfasst insbesondere auch den Gedanken des gemeinsamen Erarbei-

tens, gegenseitigen Korrigierens und der gemeinsamen Verantwortung für das Produkt aber auch für die Mitschülerinnen und Mitschüler, bevor die Lehrerin bzw. der Lehrer die noch unfertigen Ergebnisse begutachtet.

Insgesamt hat diese Aufgabe den Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler selbstständig das Protokoll erarbeiten und dabei ihre Kommunikations- und Teamfähigkeit schulen. Dabei sind alle Schülerinnen und Schüler eingebunden und übernehmen gegenseitig Verantwortung für ihren Lernprozess. Es kommen durch die Vergrößerung der Gruppen immer wieder neue Schülerinnen und Schüler miteinander ins Gespräch, und auch stärkere und schwächere Schülerinnen und Schüler können zusammen arbeiten.

Die Erarbeitung findet statt in intensiven Gesprächen über den konkreten Versuch aber auch das Erstellen von Versuchsprotokollen an sich. Dies führt bei mehrmaligem Durchführen unserer Erfahrung nach zu großen Fortschritten im Erstellen guter Versuchsprotokolle, gerade auch wenn diese Aufgabe und die

Umsetzung in der 1-2-4-Alle-Methode später immer wieder einmal gestellt wird.

Literatur

- [1] Tobin, K. G.: Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *Sch. Sci. Math.* 90 (1990), S. 403–418
- [2] Lunetta, V. N.: The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In: B. J. Fraser, K. G. Tobin (eds.): *International Handbook of Science Education*, Dordrecht: 1998, S. 249–262
- [3] Nakleh, M. B.; Polles, J.; Malina, K.: Learning chemistry in a laboratory environment. In J. K. Gilbert et al. (eds.): *Chemical Education: Towards research-based practice*, Dordrecht 2002, S. 69–94

► **Torsten Witteck**, Lehrer für Chemie und Mathematik an der Brackweder Realschule in Bielefeld

Prof. Dr. Ingo Eilks, Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Bremen
Universität Bremen, FB 2 – Didaktik der Chemie

Leobener Str. NW2, 28334 Bremen
ingo-eilks@uni-bremen.de ◀

Schüler lernen von Schülern

Aufgaben für die Arbeit in kooperativen Lernformen am Beispiel „Duft- und Aromastoffe“

Von Petra Bojko und Volker Woest



Es ist unbestritten und viele Untersuchungen weisen darauf hin, dass Schülerinnen und Schüler Methoden zum selbstständigen Wissenserwerb kennenlernen und erfahren sollen. Diese veränderte Schwerpunktsetzung in den Zielen von Schulbildung und somit auch des Chemieunterrichts muss sich unter anderem in einer veränderten Aufgabenkultur widerspiegeln. Das im Folgenden vorgestellte Unterrichtskonzept wurde für die 9. Jahrgangsstufe konzipiert und erprobt. Es eröffnet die Möglichkeit, dass sich Schülerinnen und Schüler mit dem Thema „Duft- und Aromastoffe“ weitgehend selbstständig auseinandersetzen und ihnen größere Verantwortung für den eigenen Lernprozess übertragen wird.

Phasen der Unterrichtseinheit

Das Unterrichtsvorhaben gliedert sich in vier Phasen:

- Einführung (1 Std.)
- Gruppenarbeit (6 Std.)
- Stationsarbeit (2 Std.)
- Systematisierung (1 Std.)

Einführung: Mit der einführenden Stunde wird den Lernenden ein Zugang zum Thema ermöglicht. Assoziationen der Schülerinnen und Schüler mit dem Thema Duft- und Aromastoffe werden gesammelt und geordnet. Ihre Ideen werden durch verschiedene kurze Texte ergänzt, die die Vielseitigkeit der Thematik verdeutlichen. Weiterhin wird die methodische Struktur der folgenden Unterrichtseinheit offen gelegt, so dass den Schülerinnen und Schülern der zeitliche Rahmen des Projekts und ihre veränderte Rolle im Lehr-Lernprozess mit allen Verantwortlichkeiten bewusst wird.

Gruppenarbeit: Für die Phase der Gruppenarbeit wird das komplexe Gebiet der Duft- und Aromastoffe auf sechs ausgewählte Schwerpunkte begrenzt.

Jede Gruppe bearbeitet vertieft einen Teilaspekt der Problematik (vgl. **Abb. 1**). Gruppe 1 (Das riecht doch wie...) beschäftigt sich mit Grundlagen des menschlichen Geruchssinns sowie Eigenschaften etherischer Öle. Gruppe 2 (Das schmeckt doch nach...) untersucht den Zusammenhang zwischen Riechen und Schmecken und den Einfluss verschiedener Lebensmittelzusatzstoffe auf den Geschmack. In der Geruch(t)eküche (Gruppe 3) stellen die Schülerinnen und Schüler naturidentische Aromen her und erarbeiten Wissen zu Estern. Im Mittelpunkt der theoretischen und praktischen Arbeit von Gruppe 4 stehen Methoden der Aromastoffgewinnung. Die Arbeit von Gruppe 5 konzentriert sich auf das Verfahren der Extraktion. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler untersuchen und verstehen, welchen Einfluss die Änderung verschiedener Parameter (Temperatur, Zerteilungsgrad, Lösemittel) auf das Ergebnis der Extraktion hat. In Gruppe 6 werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Vanille und Vanillin als natürliche bzw. naturidentische Aromastoffe thematisiert. Grundlage für die Arbeit jeder Gruppe ist jeweils ein Gruppenordner, der folgende Materialien enthält:

- Arbeitsauftrag
- Regeln für die Gruppenarbeit
- Protokoll für die zeitliche Planung der Arbeit
- Texte zum Thema
- Versuchsanleitungen

Auf eine umfassende eigenständige Textrecherche wird verzichtet. Stattdessen steht den Schülerinnen und Schülern umfangreiches Textmaterial im Gruppenhefter zur Verfügung. Den Arbeitsaufträgen (vgl. **Abb. 1**) liegt folgende Dreigliedrigkeit zu Grunde: Der erste Teil bezieht sich auf fachliche Hintergründe. Es sind Fragen formuliert, die den Schülerinnen und Schülern die

Schwerpunktsetzung bei der Arbeit mit den Texten und Versuchen erleichtern. Hier kann je nach Kompetenz und Alter der Schülerinnen und Schüler im Angebot der Orientierungshilfen variiert werden. Der zweite Teil der Aufgabenstellung zielt darauf ab, das angelesene und beim Experimentieren erworbene Wissen mit der Alltags- und Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler in Verbindung zu setzen. Mit dem dritten Teil der Aufgabenstellung werden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, ihre gesammelten Ergebnisse in die Gestaltung von Lernmaterial für eine Station zu ihrem Thema einzubringen. Die in der ersten Phase der Gruppenarbeit erarbeiteten Informationen müssen an dieser Stelle in Form von anwendbaren Lernhilfen reorganisiert werden. Durch diese Umstrukturierung erfolgt noch einmal eine intensive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff. Da es sich um eine 9. Jahrgangsstufe handelt wird von Seiten der Lehrkraft weitgehend vorgegeben, welche Lernmaterialien zu entwickeln sind. Die Auswahl wurde so getroffen, dass eine breite Palette an Material entsteht, so dass möglichst verschiedene Lerntypen angesprochen werden.

Während der Gruppenarbeitsphase sollte sich die Arbeit der Lehrperson darauf beschränken, als Ansprechpartner bei Problemen zur Verfügung zu stehen und entwickeltes Informationsmaterial Korrektur zu lesen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass es zum Teil auch notwendig ist, auf die Zeit- und Arbeitsplanung der Gruppen Einfluss zu nehmen.

Stationsarbeit: Die Arbeit an den Stationen stellt eine Präsentationsart dar, in der Schülerinnen und Schüler mit den Ergebnissen der anderen Gruppen nicht als passive Zuhörer konfrontiert werden, sondern sich neue Lerninhalte aktiv erarbeiten. Die Ergebnisse der Arbeit werden auf einem Laufzettel dokumentiert

Gruppe 1: Das riecht doch wie...	Gruppe 2: Das schmeckt doch nach ...	Gruppe 3: Die Geruch(t)eküche – Ester
<p>Schwerpunkte für die Arbeit mit dem Gruppenordner</p> <ul style="list-style-type: none"> Was sind Duft- und Aromastoffe? Was sind ethnische Öle? Der menschliche Geruchssinn: Wie sind unsere Riechorgane aufgebaut? Wie funktioniert der Geruchssinn? Welche Eigenschaften haben Duft- und Aromastoffe? Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Struktur der Stoffe und ihrem Geruch? <p>Angebote Versuche</p> <ul style="list-style-type: none"> Adaption des Geruchssinns Nachweis etherischer Öle mit Sudan III Unterscheidung etherischer und fetter Öle Feuergefährlichkeit etherischer Öle Löslichkeit etherischer Öle in Wasser, Ethanol und Salatöl Nachweis der Aldehydgruppe in Vanillin <p>Alltagsbezug</p> <ul style="list-style-type: none"> Text: „Ein Tag aus Sicht der Nase“ oder Geruchslandkarte des Schulhauses <p>Erarbeitung von Lernmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> Text zur menschlichen Geruchswahrnehmung Puzzle: Geruchsorgane des Menschen Poster oder Info-Blatt: Eigenschaften von Aromastoffen Ergebnisse von Teil 2 (eine Geschichte oder Geruchskarte) 	<p>Schwerpunkte für die Arbeit mit dem Gruppenordner</p> <ul style="list-style-type: none"> Was sind Duft- und Aromastoffe? Was sind ethnische Öle? Wie funktioniert der menschliche „Geschmackssinn“? Welcher Zusammenhang besteht zwischen Schmecken und Riechen? Welche geschmacksbeeinflussenden Stoffe werden Lebensmittel zugesetzt? Wie müssen diese gekennzeichnet werden? <p>Angebote Versuche</p> <ul style="list-style-type: none"> Augen- und Nase-zu-Test Geschmackszonen-test Geschmackschwellentest in Abhängigkeit von der Temperatur Geschmackschwellentest in Abhängigkeit von der Konzentration Aroma-Farb-Test <p>Alltagsbezug</p> <ul style="list-style-type: none"> Zusatzstoffe (Aromen, Geschmacksverstärker) in Produkten des täglichen Lebens Informationen der Verbraucherzentrale zu geschmacksbeeinflussenden Stoffen, Kennzeichnungspflicht, E-Nummern <p>Erarbeitung von Lernmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> Versuch zum Geschmackstest (Zusammenhang zwischen Schmecken und Riechen, Beeinflussung des Geschmacks) 	<p>Schwerpunkte für die Arbeit mit dem Gruppenordner</p> <ul style="list-style-type: none"> Welche Kategorien von Aromastoffen gibt es? Was erfährt ihr über die Geschichte von Aromastoffen? Wann und wozu wurden Düfte und Aromen früher eingesetzt? Wie kam es zur Herstellung synthetischer Aromastoffe? Wie kann man Fruchttester künstlich herstellen? Welche chemische Reaktion steckt dahinter? Welche Ausgangsstoffe benötigt man? Wie läuft diese Reaktion ab? Lassen sich Fruchttester in Lebensmitteln nachweisen? <p>Angebote Versuche</p> <ul style="list-style-type: none"> Herstellung verschiedener Aromen (Ester) Nachweis von Estern in Fruchtbonbons (Rohahn-Test) <p>Alltagsbezug</p> <ul style="list-style-type: none"> Ester als Aromastoffe in Getränken und Süßwaren Kontaktaufnahme mit bekannten Firmen (Zetti, Storck, Nestlé, Coca-Cola...) um herauszufinden, welche Ester wo eingesetzt werden <p>Erarbeitung von Lernmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> Modellhafte Veranschaulichung der Veresterung Steckbrief „Ester“ Kartenspiel

Gruppe 4: Aromastoffgewinnung	Gruppe 5: Extraktion	Gruppe 6: Vanille vs. Vanillin
<p>Schwerpunkte für die Arbeit mit dem Gruppenordner</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche historischen und modernen Methoden zur Gewinnung natürlicher Aromastoffe gibt es? ▪ Worauf beruhen diese Methoden? ▪ Wie funktionieren sie? ▪ Was sind Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden? ▪ Leitet aus euren Erfahrungen beim Experimentieren ab, was man berücksichtigen muss, um möglichst hochwertige Aromaöle aus Naturstoffen zu gewinnen? Welche Methode eignet sich zur Gewinnung welcher Aromen? Begründe, warum gute Parfums meist sehr teuer sind! 	<p>Schwerpunkte für die Arbeit mit dem Gruppenordner</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Erläutert die „Extraktion“ als Verfahren zur Stofftrennung! ▪ Welchen Einfluss hat das Lösemittel auf die Ausbeute an etherischem Öl? ▪ Welchen Einfluss hat der Zerteilungsgrad auf das Ergebnis der Extraktion? ▪ Welche Möglichkeiten gibt es, Lösemittel vom Extrakt zu trennen? ▪ Welche Überlegungen müssen angestellt werden, um das Ergebnis einer Extraktion zu optimieren? 	<p>Schwerpunkte für die Arbeit mit dem Gruppenordner</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Was sind natürliche, naturidentische und künstliche Aromastoffe? ▪ Vergleich von Vanillezucker und Vanillinzucker ▪ Geschichte von Vanille bzw. Vanillin ▪ Wie gewinnt man Vanille- bzw. Vanillinaroma? ▪ Wie erklärt sich der Preisunterschied zwischen Vanille- und Vanillinzucker? <p>Laut Gefahrstoffverordnung ist Vanillin „gesundheitsschädlich beim Verschlucken“. Auf der anderen Seite wird Vanillinzucker zum Backen und Verfeinern von Speisen eingesetzt. Wie ist dieser Widerspruch zu bewerten?</p>
<p>Angebote Versuche</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wasserdampfdestillation von Apfelschalen ▪ Mazeration von Zimt ▪ Enflourage von Lavendelblüten 	<p>Angebote Versuche</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extraktion von Orangenschalen mit verschiedenen Lösungsmitteln (Wasser, Öl, Ethanol) ▪ Extraktion von Zimtpulver und Zimtstangen (Einfluss des Zerteilungsgrades) 	<p>Angebote Versuche</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extraktion von Vanille-Aroma aus einer Vanilleschote ▪ Dünnschichtchromatographie verschiedener Vanille-/Vanillin-Aromen ▪ Nachweis der Aldehydgruppe in Vanillin
<p>Alltagsbezug</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktgruppen, in denen natürliche Aromen eingesetzt werden 	<p>Alltagsbezug</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extrakte und Stoffe, die extrahiert werden können im täglichen Handeln ▪ Extraktionen im Haushalt – Tee, Kaffee, Suppe ▪ Wo nutzt man zu Hause Kenntnisse über Einfluss von Temperatur, Lösemittel, Zerteilungsgrad? 	<p>Alltagsbezug</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Suche nach Paaren von Produkten mit naturidentischen Aromastoffen (Vanillinzucker) und deren Vorbild in der Natur (Vanilleschote)
<p>Erarbeitung von Lernmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Broschüre: „Methoden zur Gewinnung natürlicher Aromastoffe“ (Prunzip, Vor- und Nachteile der jeweiligen Methode) ▪ Beispiele (Ausgangsstoffe, Produkte, Duftproben) ▪ Kreuzworträtsel zu Begriffen, die das Thema betreffen und die in der Broschüre vorkommen 	<p>Erarbeitung von Lernmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entwicklung eines Versuchs zur Extraktion ▪ Erstellen einer entsprechenden Versuchsanleitung ▪ Vorbereitung des Versuchsaufbaus 	<p>Erarbeitung von Lernmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Comic oder Rollenspiel zum Vergleich von Vanille und Vanillin ▪ Lückentext

Abb. 1: Übersicht über die Gruppenarbeit

Gruppe 3: Die Gerüch(t)eküche

Ihr seid die einzige Gruppe, die sich mit „Estern als Aromastoffe“ beschäftigt. Damit auch eure Mitschülerinnen und Mitschüler etwas darüber erfahren, werden später alle an Stationen arbeiten. Eure Aufgabe ist es, Informations- und Arbeitsmaterial für eine Station zu eurem Thema zu entwickeln. Dazu müsst ihr zunächst selbst Experten für „Ester“ werden.

I Inhaltliche Arbeit am Thema

In eurem Gruppenordner sind verschiedene Texte und Versuchsanleitungen zusammengestellt.

Bearbeitet diese unter folgenden Schwerpunkten:

- Welche Kategorien von Aromastoffen gibt es?
- Was erfahrt ihr über die Geschichte von Aromastoffen? Wann und wozu wurden Düfte und Aromen früher eingesetzt? Wie kam es zur Herstellung synthetischer Aromastoffe?
- Wie kann man Fruchtester künstlich herstellen? Welche chemische Reaktion steckt dahinter? Welche Ausgangsstoffe benötigt man? Wie läuft diese Reaktion ab?
- Lassen sich Fruchtester in Lebensmitteln nachweisen? Wie?

II Aromastoffe im Alltag

Häufig werden Fruchtester Süßwaren und alkoholfreien Erfrischungsgetränken zugesetzt.

- Studiert die Etiketten von Getränkeflaschen und Süßwaren und findet heraus, in welchen Produkten Ester als Aromastoffe enthalten sind!
- Versucht, über das Internet Kontakt zu Lebensmittelchemikern bekannter Firmen herzustellen (Zetti, Storck, Nestlé, Coca-Cola ...) und findet heraus, welche Ester in diesen Firmen eingesetzt werden.

III Entwicklung von Stationsmaterial

- (1) Stellt möglichst anschaulich und für eure Mitschülerinnen und Mitschüler gut verständlich dar, was bei der Reaktion der Veresterung passiert! (Ihr könnt die Reaktion z. B. mit eigenen Modellen nachbauen, eine Fotogeschichte erstellen, Vorher-Nachher-Riechproben aufbauen ...). Eurer Phantasie sind keine Grenzen gesetzt.
- (2) Gestaltet einen „Steckbrief“ über Ester! (Er sollte folgende Schwerpunkte enthalten: Vorkommen und Verwendung, Erklärung zur Herstellung mit Reaktionsgleichung, Regeln zur Namensgebung)
- (3) Entwickelt ein Frage – Antwort – Kartenspiel! Formuliert etwa 10 bis 15 Fragen zur Geschichte von Aromastoffen, zur Veresterung, zur Verwendung von Estern als Aromastoffe, ...

Eine Karte könnte zum Beispiel so aussehen:

Vorderseite:

Rückseite:

Welches sind die Ausgangsstoffe bei einer Veresterung?

- Ester und Wasser
- Alkohol und Carbonsäure
- Seife und Natronlauge

b) Alkohol und Carbonsäure

(der von der Lehrperson entwickelt wurde). Die auf dem Laufzettel formulierten Arbeitsaufträge sind auf die Inhalte der vorbereiteten Lernmaterialien abgestimmt. Je nach Klassenstärke muss entschieden werden, ob Stationen ein- oder mehrfach aufgebaut werden, beziehungsweise welche Stationen zu Pflicht- oder Wahlstationen erklärt werden.

Systematisierung: Die Laufzettel werden im Plenum ausgewertet. Hierbei stellen die Schülerinnen und Schüler ihre Lösungen vor. Für Fragen und zusätzliche Erläuterungen steht die jeweilige Arbeitsgruppe zur Verfügung.

Erfahrungen und Konsequenzen

In der Auswertung des Projekts mit den Lernenden werden sowohl der höhere Grad an Eigenständigkeit als auch die

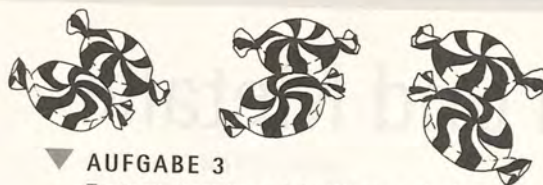
Sozialform „Gruppenarbeit“ ausnehmend positiv bewertet. Darüber hinaus haben das gleichzeitige Angebot praktischer und theoretischer Inhalte sowie die Möglichkeit, Experimente vollkommen selbstständig durchzuführen, die Schülerinnen und Schüler begeistert. Es hat sich jedoch insbesondere bei der Planung der relativ langen Gruppenarbeitsphase gezeigt, dass die Lernenden mit der Freiheit, die die Bearbeitung komplexer Aufgaben eröffnet, schwer umgehen können. Probleme traten bei der zeitlichen Planung und der Verteilung der Arbeitsaufgaben in der Gruppe auf. Es ergibt sich ein Widerspruch dahingehend, dass Schülerinnen und Schüler mehr Selbstständigkeit im Lernprozess schätzen und wünschen, aber auf der anderen Seite die größere Verantwortung, die sie als autonome Lerner übernehmen müssen, nicht tragen wollen. Die Rückmeldung

der Lehrkraft als „höchste Instanz“ der Organisation und Kontrolle von Lernprozessen bleibt für sie von großer Wichtigkeit.

Weiterhin fiel es den Schülerinnen und Schülern schwer, Informationen aus verschiedenen Quellen (Fachtexte, Informationsmaterial aus der Industrie, Versuchsergebnisse) zusammenzufassen, abzugleichen und zu verknüpfen. So konnte insbesondere festgestellt werden, dass Schülerinnen und Schüler Experimente ausgesprochen gerne durchführen, sie aber nicht als Methode, Chemie zu lernen, wahrnehmen. Das praktische Tun wird mit der Erarbeitung theoretischer Konzepte nicht verbunden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Aufgaben, die die weitgehend eigenständige Auseinandersetzung mit chemischen Inhalten fordern, einen hohen Anspruch an die Lernenden stellen.

Die Gerüch(t)eküche



Früchte oder Bonbons haben einen charakteristischen Geruch. Dieser ist unter anderem auf chemische Verbindungen zurückzuführen, die zur Stoffklasse der Ester gehören. Diese Stoffklasse sollst du im Folgenden etwas näher kennen lernen.

▼ AUFGABE 1

Lies zunächst den Steckbrief zu Estern. Versuche dabei, dir so viel wie möglich über diese Stoffe zu merken.

▼ AUFGABE 2

Eisbonbons oder Geleebananen riechen zum Beispiel sehr stark nach einem bestimmten Ester. Wie leicht der hergestellt werden kann, zeigt die unten stehende Tabelle. Ergänze die folgenden Gleichungen! Orientiere dich dabei an dem Modell, das an der Station ausliegt.

▼ AUFGABE 3

Teste und ergänze dein Wissen mit dem Kartenspiel:

- Lies die Frage und versuche, die Antwort zu finden (nur im Kopf, nicht aufschreiben). Drehe dann die Karte um und überprüfe, ob deine Antwort richtig ist!
- Lies die Antworten und formuliere die zugehörige Frage (im Kopf). Überprüfe dich, indem du die Karte umdrehst.

▼ AUFGABE 4

Lege nun die Karten zur Seite und beantworte folgende Fragen:

- Wozu werden Ester hauptsächlich verwendet?
- Was versteht man unter einer Veresterung?
- Der systematische Name für Ananasaroma ist Butansäureethylester. Aus welchen Stoffen lässt sich dieses Aroma herstellen? Notiere Namen und Strukturformel!

Strukturformel		+	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{O} - \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \end{array} $	→		+	
Wortgleichung	Essigsäure	+		→		+	Wasser
Allgemeine Reaktionsgleichung		+		→	Ester	+	Wasser

den sie z. T. nicht erfüllen konnten. Die Konsequenz (aus solchen nicht ausschließlich positiven Erfahrungen) sollte jedoch nicht sein, Aufgaben mit einem hohen Anspruch an Autonomie im und Verantwortung für den Lernprozess auf den Unterricht in der Sekundarstufe II zu verlagern oder ganz auszublenden. Das Unterrichtsvorhaben hat einmal mehr gezeigt, dass es bei der Diskussion von Unterrichtsinhalten nicht ausschließlich um „Inhalte“ im eigentlichen Sinn des Wortes, sondern verstärkt auch um Methoden gehen muss. Bereits im Anfangsunterricht müssen Aufgaben formuliert werden, mit denen Methoden zur Informationsgewinnung und -verarbeitung wie auch Methoden naturwissenschaftlichen Arbeitens an geeigneten Inhalten thematisiert, geübt und angewendet werden. Ziel eines guten Chemieunterrichts sollte es dann sein, den

Lernenden sukzessive ein Methodenrepertoire zu eröffnen, das es ihnen ermöglicht, sich chemisches Wissen selbstständig und eigenverantwortlich zu erschließen.

Literatur

- [1] Eilks, I.: Kooperatives Lernen im CU I. In: MNU 56/1. S. 51–55
- [2] Eilks, I.: Kooperatives Lernen im CU II. In: MNU 56/2. S. 111–114
- [3] Hollensen, L.: Haare und Haarkosmetik – Schülerinnen und Schüler konzipieren Lernstationen. In: UC 13 (2002) Nr. 70/71. S. 68–75
- [4] Hedewig, R.: Düfte riechen und schmecken. UB 19 (1995) Nr. 207
- [5] Pfeifer, P.; Münzinger, W. (Hrsg.): Duftstoffe. UC 5 (1994) Nr. 22
- [6] Körber, G.: Pflanzliche Duftstoffe – ein fächerübergreifendes Thema für die Sekundarstufe I. In: MNU 49/7 (1996) S. 436–332
- [7] Schmidkunz-Eggler, D.: Ätherische Öle – mehr als nur Duftstoffe. In: UC 11 (2000) Nr. 55 S. 25–28

Hinweis: Interessierten Kolleginnen und Kollegen können die Arbeitsaufträge und Laufzettel aller Gruppen in elektronischer Form (pdf-Files) zur Verfügung gestellt werden.

► Petra Bojko, Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Petra.Bojko@uni-jena.de

Prof. Dr. Volker Woest, Leiter der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker.Woest@uni-jena.de

Friedrich-Schiller-Universität
August-Bebel-Str. 6–8, 07743 Jena ◀

Säuren und Metalle

Lernen und Verstehen durch Aufgaben

Von Thomas Freiman

Im Chemieunterricht geht es, wie in jedem naturwissenschaftlichen Fach darum, dass Schülerinnen und Schüler verstehen, wie man Phänomene (z. B. Stoffe) nach fachspezifischen Kriterien beschreiben, definieren und ordnen kann. Wie man zu Begriffen und Kategorien (beispielsweise edle/unedle Metalle oder Säure/Base) kommt, und wie Regeln, Konzepte und Theorien entstehen, um so auch eine Vorstellung von der Arbeitsweise des Faches zu entwickeln. Der nachfolgende Vorschlag versucht am Beispiel der Reaktion von Säuren mit Metallen zu zeigen, wie Schülerinnen und Schüler im Unterricht anhand von Aufgaben Regelmäßigkeiten entdecken und fachliche Konzepte möglichst selbstständig erschließen können (s. **Aufgabe 1** und **2**).

Didaktischer Kommentar

In Aufgabe 1 sollen Schülerinnen und Schüler erarbeiten, dass man innerhalb der Stoffgruppe der Metalle je nach Reaktionsverhalten gegenüber sauren Lösungen verschiedene Untergruppen (edle und unedle Metalle) unterscheiden kann. Um die möglichen Beobachtungen und Folgerungen in einen logischen Zusammenhang bringen zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler im Sinn kumulativen Lernens wesentliche Inhalte des vorangegangenen Unterrichts reaktivieren und verknüpfen. Gleichzeitig wird eine wichtige Voraussetzung geschaffen, um im nachfolgenden Unterricht weitere Stoffe anhand ihres Reaktionsverhaltens chemisch einordnen zu können (vgl. Aufgabe 2).

Dass es sich bei der Aussage „Unedle Metalle reagieren mit sauren Lösungen unter Wasserstoffentwicklung“ um eine Regel, also eine Aussage mit eingeschränkter Gültigkeit handelt, erfah-

ren die Schülerinnen und Schüler, wenn sie anschließend mit an der Oberfläche oxidierten Zinkblechen beziehungsweise mit Aluminium experimentieren. Die Klassifizierung einer dritten Gruppe, von Kupfer als Halb-Edelmetall, ist mit dem von den Schülerinnen und Schülern durchgeführten Experiment nicht möglich und wird später durch die Lehrkraft vorgenommen.

In Aufgabe 2 sollen die Schülerinnen und Schüler die in Aufgabe 1 gefundene Beziehung zwischen saurer Lösung und unedlem Metall verwenden, um anhand einer gegebenen Formel eine Vorhersage für die Stoffeigenschaft „reagiert in wässriger Lösung sauer“ ableiten zu können. Aus der Beobachtung, dass verschiedene Säuren mit verschiedenen unedlen Metallen neben (ebenfalls verschiedenen) Salzen immer Wasserstoff bilden, können sie ableiten, dass das Gemeinsame, gewissermaßen das „saure Prinzip“ der Stoffe, auf die in der sauer reagierenden Verbindung enthaltenen Wasserstoffatome zurückzuführen sein könnte.

Diese Folgerung lässt sich noch durch die Beobachtung erweitern, dass die in Frage kommenden Wasserstoffatome immer zusammen mit Atomarten wie Schwefel, Chlor etc., also mit Nichtmetallen, in einer Verbindung auftreten.

Ebenso wie bei der oben beschriebenen Reaktion von Metallen mit sauren Lösungen, können auch hier anschließend die Einschränkungen der entdeckten Regel gezeigt werden. Wässrige Lösungen von Ammoniak erfüllen zwar die beiden oben ermittelten Voraussetzungen, Wasserstoffatome in Verbindung mit Nichtmetallatomen, sie reagieren aber nicht sauer, sondern im Gegenteil, alkalisch. Eine ebenso interessante, wenngleich für die Lehrkraft nicht ganz einfache Situation entsteht,

wenn Schülerinnen und Schüler in konsequenter, logischer Fortführung des Gedankens die Frage stellen, ob Wasser ebenfalls mit unedlen Metallen Wasserstoff freisetzt, also Säurecharakter hat. Experimentell lässt sich diese Vermutung (dabei wird ein sorgfältig geschmirgeltes Magnesiumband in Wasser gegeben) leicht bestätigen. Die Erklärung des Phänomens, weshalb der Stoff Wasser, als Säure wirkt, ist zu diesem Zeitpunkt in für die Schülerinnen und Schüler befriedigender Weise jedoch nur eingeschränkt möglich und kann erst später aufgelöst werden.

Da die Schülerinnen und Schüler bereits wissen, dass reines Wasser neutral ist, könnte mit dieser Beobachtung über die Existenz einer zweiten, die Säurewirkung kompensierenden, Teilchensorte (Hydroxidionen) spekuliert werden.

Ein weiterer Schritt – gewissermaßen in den Spuren von Arrhenius – könnte sein, mit den Schülerinnen und Schülern zu überlegen, ob der Wasserstoff tatsächlich bei der Reaktion von Säuremolekülen und Metallatomen an der Metalloberfläche entsteht, oder ob es vorher zu einer Reaktion zwischen Säuremolekülen und Wassermolekülen kommt und der Reaktionspartner des Metalls gar nicht die Säuremoleküle selbst sind.

Literatur

Pfeifer, P.; Häusler, K.; Lutz, B. (Hrsg.): *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. Oldenbourg Verlag 1992

► OStR Thomas Freiman, Schulleiter am Graf-Münster-Gymnasium Bayreuth, Lehrer für Biologie und Chemie,

Glatzensteinstr. 5, 91233 Neunkirchen
Tfreiman@odn.de ◀

AUFGABE 1

Edle und unedle Metalle

▼ MATERIALIEN

Verschiedene Metalle wie Magnesiumband, Eisen-späne, Zinkgranalien oder -blech, Platin- und Silberdraht, verdünnte Salzsäurelösung

▼ DURCHFÜHRUNG

Den Schülerinnen und Schülern werden verschiedene Metalle sowie eine verdünnte wässrige Salzsäure-Lösung zur Verfügung gestellt. Die Schülerinnen und Schüler experimentieren in Partnerarbeit weitgehend selbstständig.

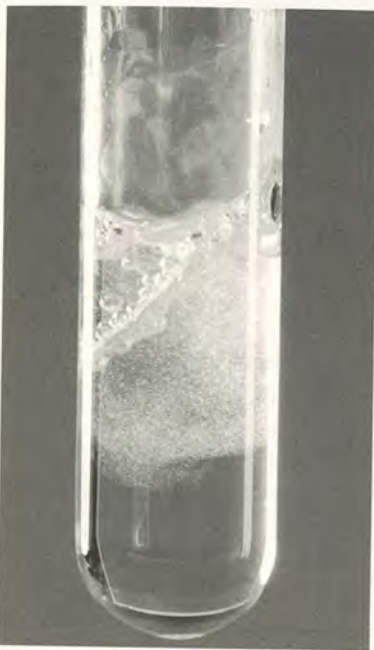


Foto: Volker Minkus

Reaktion von Magnesium mit Salzsäure

▼ AUFGABENSTELLUNG

Eine sehr offene Aufgabenstellung könnte beispielsweise für die Schülerinnen und Schüler darin bestehen, möglichst viele experimentell und/oder mithilfe von Vorwissen abgeleitete Aussagen zu den durchgeführten Versuchen zu formulieren. Die Formel für Salzsäure und die Elementsymbole der Metalle sind bekannt.

Um den Lernprozess zu strukturieren und übersichtlich zu gestalten, kann man die Schülerinnen und Schüler auch durch mehr oder weniger eng gefasste Teilaufgaben unterstützen (A1–A8).

Möglich ist auch eine Kombination beider Verfahren. Die Schüler setzen sich zunächst mit der offenen Fragestellung auseinander und verwenden die Aufgabenhinweise nur, wenn sie der Ansicht sind, alle Aspekte erarbeitet zu haben.

Je nach Größe der Gruppe kann bei Schwierigkeiten die Lehrkraft weiterhelfen, oder es werden abgestufte Lernhilfen (vgl. Auswertung) angeboten, die von den Schülerinnen und Schülern selbstständig genutzt werden können.

▼ AUSWERTUNG

Die Schülerinnen und Schüler vergleichen ihre Schlussfolgerungen mit ausliegenden Lösungskarten (L1–L8).

▼ AUFGABEN

- A1: Wie kann man die untersuchten Metalle einteilen?
A2: Welche Beobachtung verwendest du dabei?
A3: Überlege dir anhand deiner Beobachtungen, der Formeln und des Teilchenmodells, welche Reaktionsprodukte bei den beobachteten Reaktionen entstehen könnten!
A4: Welche Eigenschaften haben die entstehenden Reaktionsprodukte?
A5: Wie kannst du experimentell überprüfen, ob die von dir vermuteten Produkte tatsächlich entstehen?
A6: Stelle entsprechend deinen Beobachtungen und Schlussfolgerungen für jede Reaktion ein Reaktionsschema mit Worten auf.
A7: Informiere dich beim Lehrer oder anhand ausliegenden Lösungskärtchen über die Formeln der entstehenden Reaktionsprodukte und formuliere damit vollständige Reaktionsschemata.
A8: Informiere dich über die allgemeine Bezeichnung der verschieden reaktiven Metalle und ordne die von dir untersuchten Metalle entsprechend!

▼ LERNHILFEN

- L1: Es gibt Metalle, die mit der sauren Lösung reagieren, andere Metalle reagieren nicht.
L2: Gasentwicklung und Erwärmung als Zeichen einer ablaufenden chemischen Reaktion
L3: Die Gasentwicklung deutet auf Wasserstoff hin. Aus den „übrig“ bleibenden Atomarten muss sich ein neuer Stoff, eine neue Teilchenkombination bilden (kein Niederschlag erkennbar), da die Teilchen noch vorhanden sein müssen.
L4: Wasserunlösliches, farb- und geruchloses Gas; wasserlösliche Verbindung
L5: Knallgasprobe / Eindampfen der Flüssigkeit
L6: Z. B. Salzsäure + Zink \rightarrow Wasserstoff + Verbindung aus Zink und Chlor
L7: Z. B. ZnCl_2 und damit $2 \text{HCl} + \text{Zn}_2 \rightarrow \text{H}_2 + \text{ZnCl}_2$
L8: Edle (Silber/Platin) und unedle (Eisen/Zink/Magnesium) Metalle

AUFGABE 2

„Sieht man einer Formel an“, ob es sich um eine Säure handelt?

▼ MATERIAL

Verschiedene Metalle wie Magnesiumband, Eisen-späne, Zinkgranalien oder -blech, Platin- und Silberdraht, verdünnte wässrige Lösungen verschiedener Säuren (z. B. Salzsäure, Salpetersäure, Kohlensäure in Form von Mineralwasser)

▼ DURCHFÜHRUNG

Den Schülerinnen und Schülern werden verschiedene Metalle sowie eine verdünnte wässrige Lösung einer Säure zur Verfügung gestellt. Die Formeln der entstehenden Salze werden den Schülerinnen und Schülern bei Nachfrage mitgeteilt oder auf Hilfekärtchen angeboten. Sie experimentieren in Partnerarbeit weitgehend selbstständig.

▼ AUFGABENSTELLUNG

Eine offene Aufgabenstellung könnte, wie in Aufgabe 1, für die Schülerinnen und Schüler darin bestehen, möglichst viele experimentell und/oder mithilfe von Vorwissen abgeleitete Aussagen zu den durchgeführten Versuchen zu formulieren. Eingrenzend kann man die Schülerinnen und Schüler auffordern, anhand der Beobachtungen eine Regel zu finden, mit deren Hilfe es möglich ist, aus einer unbekannt Formel eine plausible Vorhersage bezüglich des Säurecharakters eines Stoffes zu machen.

Um den Lernprozess stärker zu strukturieren und übersichtlich zu gestalten, kann man die Schülerinnen und Schüler (vgl. auch Aufgabe 1) durch mehr oder weniger eng gefasste Teilaufgaben unterstützen (A1–A6).

Möglich ist auch, wie bei Aufgabe 1, eine Kombination beider Verfahren. Die Schülerinnen und Schüler setzen sich zunächst mit der offenen Fragestellung auseinander und verwenden die Aufgabenhinweise nur, wenn sie glauben, nicht mehr weiter zu kommen. Je nach Größe der Gruppe kann bei Schwierigkeiten die Lehrkraft weiterhelfen oder es werden auch hier abgestufte Lernhilfen (vgl. Auswertung) angeboten, die von den Schülerinnen und Schülern selbstständig genutzt werden können.

▼ AUSWERTUNG

Die Schülerinnen und Schüler vergleichen ihre Schlussfolgerungen mit ausliegenden Lösungskarten (L1–L6).

▼ AUFGABEN

- A1: Was ist bei den von dir untersuchten Reaktionen gleich beziehungsweise vergleichbar?
 A2: Formuliere alle Reaktionsschemata.
 A3: Versuche ein allgemeines Reaktionsschema zu formulieren, das für alle untersuchten Reaktionen gelten könnte!
 A4: Welche Komponenten sind bei allen eingesetzten Säuren identisch beziehungsweise vergleichbar?
 A5: Was könnte deiner Meinung nach bei einer Formel darauf hinweisen, dass es sich bei dem betreffenden Stoff um eine Säure handeln könnte? Formuliere eine Regel!
 A6: Teste deine Regel und überprüfe die Reaktion von Wasser mit Magnesium

▼ LERNHILFEN

- L1: Es bildet sich immer Wasserstoff und ein Salz.
 L2: Z. B. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2$
 L3: Z. B. $\text{H} - \text{X} + \text{unedles Metall} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Verbindung X/unedles Metall}$
 L4: Wasserstoffatome sind identisch, alle anderen Atomarten sind jeweils anders, es sind aber immer Nichtmetallatome.
 L5: Verbindungen, bei denen Wasserstoffatome an Nichtmetallatome gebunden sind, haben mit großer Wahrscheinlichkeit Säurecharakter.
 L6: Bei Wasser stimmt die Regel. Wasser reagiert mit Magnesium unter Wasserstoffentwicklung.

Aufgaben – nicht nur zum Üben und Wiederholen

Mit abgestuften Lernhilfen zum selbstständigen Lernen

Von Waltraud Habelitz-Tkotz

Foto: W. Habelitz-Tkotz



Üben, Festigen und Vertiefen von Wissen spielen im Chemieunterricht – wie in jedem anderen Unterricht auch – eine zentrale Rolle. Übungsaufgaben die Rätsel- oder spielerischen Charakter haben, werden dazu inzwischen von vielen Lehrmittelverlagen angeboten. Solche Aufgaben wirken motivierend und bereichern auf diese Weise den Unterricht. Die meisten dieser Aufgaben sind aber auf die Übungs- und Wiederholungsphasen nach der Erarbeitung der Lernziele zugeschnitten. Seltener findet man Aufgaben, die das selbstständige Lernen anregen. Im Folgenden soll eine Aufgabe aus dem Themenbereich „Struktur und Eigenschaften von (molekularen) Stoffen“ vorgestellt werden, die offene Unterrichtssituationen erzeugt, in Teamarbeit gelöst werden kann und das selbstständige Erarbeiten von Lösungsstrategien bzw. Lernerhalten ermöglicht (vgl. **Tab. 1**). Zudem besitzt diese Aufgabe auf Grund ihres auffordernden Charakters einen hohen Motivationsgrad.

Lösungsenthalpie

Herkömmliche Aufgabenstellungen zur Berechnung von Lösungsenthalpien (**Aufgabe 1 A I**) zielen ausschließlich darauf ab, den Zusammenhang, dass „die Lösungsenthalpie eines Salzes die Differenz aus der Summe der Hydratations-

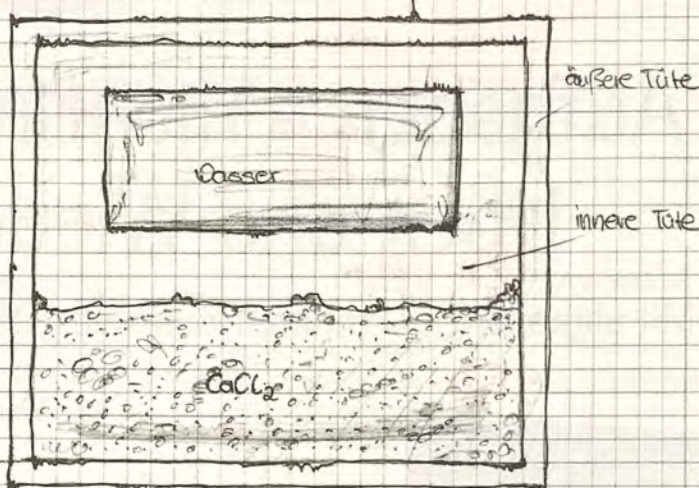
enthalpien der Ionen und der Gitterenthalpie des Salzes“ ist, einzuüben. Eine Vertiefung des Rechenweges erfolgt meist, indem die Lösungsenthalpien weiterer Salze gemeinsam an der Tafel berechnet und eventuell mit den im Schülerexperiment ermittelten Ergebnissen verglichen werden. Variationen dieser Aufgabe, wie sie in Tests üblich sind (**Aufgabe 1 A II**), drehen den Spieß um und lassen aus der molaren Lösungsenthalpie eines Salzes die Gitterenthalpie berechnen. Häufig wird vom Schüler anschließend noch ein Darstellungsformwechsel durch das Zeichnen des zugehörigen Enthalpie-Diagramms eingefordert.

Die im folgenden vorgestellte Variation der obigen Aufgabe (s. **Aufgabe 1 B**), dient ebenfalls dem Einüben der Berechnung von Lösungsenthalpien. Im Gegensatz zur ersten Aufgabenstellung, wird hier eine offene Unterrichtssituation angestrebt, bei der die Schülerinnen und Schüler die Lösungsstrategie selbst finden müssen. Abgestufte Hilfekarten werden zur Unterstützung des Problemlöseprozesses angeboten. Das gewon-

1. Std.	Wie funktioniert ein Einweg-Kältekissen? Abhängigkeit der Lösungsenthalpie von der Gitterenthalpie Abhängigkeit der Lösungsenthalpie von Hydratationsenthalpie und Gitterenthalpie (vgl. NiU Chemie 12/2001 Nr. 64/65 oder CD Methodenwerkzeuge)
2. Std.	Berechnung der Lösungsenthalpie von Salzen z. B. LiCl
3. Std.	Experimentieraufgabe mit abgestufter Lernhilfe: Bau eines Einmal-Wärmekissens
4. Std.	Bau eines Einmal-Wärmekissens (Teil 2: Dokumentation und Präsentation)
5. Std.	Zusammenfassung Lösungsenthalpie; Diskussion über Einsatz der Lösungsenthalpie bei Alltagsprodukten und die Bedeutung der Lösungsenthalpie für die Löslichkeit von Salzen

Tab. 1: Unterrichtseinheit: „Löslichkeit von Salzen – Lösungsenthalpie“ im Überblick

SKIZZE



ERLÄUTERUNG:

Zum Aktivieren des Wärmekissens drückt man auf den Wasserbeutel, bis er platzt. So gelangt das Wasser in die innere Tüte, wo es sich mit dem Calciumchlorid vermischt. Die äußere Tüte ist keine Vorsichtsmaßnahme, damit man sicher gehen kann, dass auch ja nichts ausläuft.

Abb. 2: Schülerprotokoll: Bau eines Wärmekissens

nene Rechenergebnis wird von den Schülerinnen und Schülern experimentell überprüft. Die Aufforderung zur technischen Umsetzung beim Bau eines Wärmekissens weckt die Kreativität der Lernenden und zeigt die Bedeutung solcher Berechnungen für die Herstellung von Alltagsprodukten auf.

Zur Lösung der Aufgabe sind mehrere Lösungsstrategien denkbar, z. B. erst Berechnungen zur Lösungsenthalpie durchführen, dann die Lösung durch ein Experiment überprüfen oder das Ergebnis auf rein experimentellem Weg empirisch durch Lösen unterschiedlich großer Salzportionen in einer definierten Menge Wasser ermitteln.

Die Schülergruppen erkennen dabei, dass der Weg „erst Überlegen (Rechnen) dann Experimentieren“ hier der zeiteffizientere und gleichzeitig kostensparendere Weg ist. Durch die Erweiterung der Aufgabenstellung „Erwärmung des Wärmekissens von Raumtemperatur auf ca. 50 °C“ wird zur Lösung zusätzlich Grundwissen aus dem vorhergehenden Physikunterricht benötigt. Der Auftrag ein Wärmekissen zu bauen, zeigt den Alltagsbezug solcher Berechnungen auf und weckt den Erfindergeist. Beim Bau der

Wärmekissen erleben die Schülerinnen und Schüler, dass nicht jede Idee zielführend umgesetzt werden kann. Vorausschauendes Denken und Handeln sind hier gefragt. Damit auch schwächere Schülerinnen und Schüler eine Chance haben die Aufgabenstellung zu bewältigen, wird zu deren Unterstützung ein möglicher Lösungsweg dieser Aufgabe in Form von abgestuften Hilfekarten und zugehörigen Lösungskarten angeboten. Erfahrungsgemäß ist der Ehrgeiz der Schülergruppen bei der Lösung der Aufgabenstellung aber so groß, dass die Hilfekarten kaum in Anspruch genommen werden. Bevor eine Gruppe die Hilfekarten in Anspruch nahm, wurden Ratschläge bei Schülerinnen und Schülern aus anderen Gruppen eingeholt. Auf diese Weise wird die Verwendung der Fachsprache ganz nebenbei gefördert. Ein gezieltes Training der Fachsprache, sowie das freie Formulieren von Texten und ergänzenden Zeichnungen wird beim Dokumentieren der Bauanleitung für das Wärmekissen erreicht. Die Aufgabenstellung wurde von leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern in weniger als 90 Minuten gelöst, leistungsstärkere Schülerinnen und Schü-

ler benötigten nur 45 Minuten. Sie nutzten die restliche Zeit zur Optimierung ihrer Wärmekissen, zur Dokumentation ihrer Ergebnisse oder zur Untersuchung des Funktionsprinzips von „selbsterwärmenden Instantgetränken“, z. B. Caldo caldo. Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die sich mit den in Italien verbreiteten selbsterwärmenden oder selbstkühlenden Getränkebehältern beschäftigten, formulierten selbstständig Fragen zum Funktionsprinzip dieser Behälter (s. **Kasten**) und entwickelten Lösungsstrategien zu deren Überprüfung. An die Doppelstunde zur Bearbeitung der Aufgabe schloss sich eine weitere Unterrichtsstunde an, in der die verschiedenen Möglichkeiten zum Bau von Wärmekissen und das Funktionsprinzip der selbsterwärmenden bzw. selbstkühlenden Getränkebehälter von den Schülergruppen vorgestellt wurden. Die Vorstellung mündete in eine Diskussion über den Sinn und Unsinn solcher Einmal-Wärme-/Kältekissen bzw. Getränkebehälter unter Gesichtspunkten der Umweltbelastung. Dabei wurde auch die Bedeutung der Lösungsenthalpie für die Löslichkeit von Salzen bezogen auf das Vorkommen verschiedener Mineralien auf der Erdoberfläche besprochen. In leistungsstarken Klassen kann hier auch die Bedeutung der Entropie für die Löslichkeit von Salzen angedeutet werden.

Anmerkung: Selbsterwärmende/ selbstkühlende Instantgetränkepackungen wie Caldo caldo (enthält CaCl_2) bzw. Freddo freddo (enthält $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) können in Deutschland bezogen werden bei: CLUB Nahrungsmittel Rainwiesenweg 35, 91057 Schwaig Tel. 0911/541554, Fax: 0911/541590

Literatur:

- [1] Elemente Chemie, Ausgabe Bayern 10. Schuljahr, Klett-Verlag 1996
- [2] Elemente Chemie II, Allgemeine Chemie, Klett-Verlag 2001
- [3] Tausch/ Von Wachtendonk: Stoff Formel Umwelt – Chemie 1, Buchners-Verlag 2000

► Waltraud Habelitz-Tkotz, Lehrerin am Emil-v.-Behring-Gymnasium in Spardorf

Emil-von-Behring-Gymnasium, 91080 Spardorf
Waltraud.tkotz@t-online.de ◀

Die Berechnung von Lösungsenthalpien üben

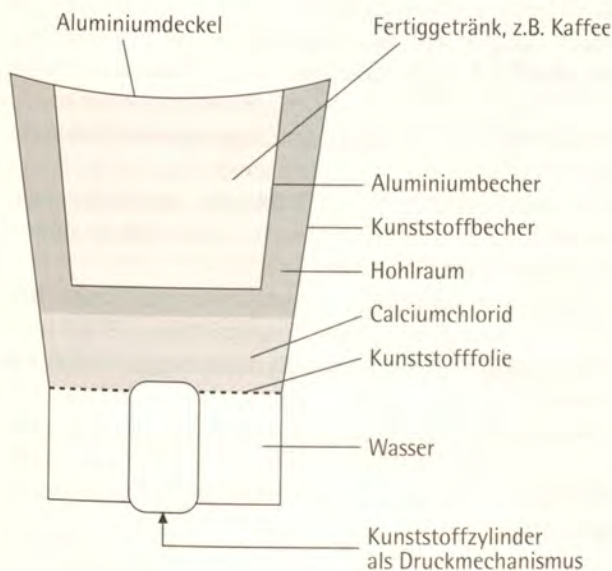
A Übliche Aufgabenstellung

- I. Berechnen Sie die Lösungsenthalpie beim Auflösen von 1 mol Calciumchlorid CaCl_2 in Wasser.
- II. Welche (molare) Gitterenthalpie ΔH_{Gm} besitzt Calciumchlorid, wenn die (molare) Lösungsenthalpie des Salzes $\Delta H_{\text{Lm}} = -135 \text{ kJ/mol}$ beträgt? (Berechnung!)
Zeichnen und beschriften Sie ein Enthalpie-Diagramm für den Lösevorgang. [1]

C Alltagsbezogene Testaufgabe

In Italien kann man Kaffee-, Tee- und Kakaotränke in Trinkbechern kaufen, die so konstruiert sind, dass sich das darin enthaltene Getränk durch einen Druckmechanismus im Boden des Trinkbechers unabhängig von einer Heizquelle erwärmt. Der Aufbau eines solchen „selbstheizenden Trinkbechers“ wird auf der Verpackung wie in der folgenden Abbildung ersichtlich skizziert. Zur Erwärmung des Getränks empfiehlt der Hersteller folgende Vorgehensweise:

1. Drücken Sie den Boden des Bechers in der Mitte fest nach oben.
2. Schütteln Sie den noch verschlossenen Becher mit der Oberseite nach unten (kopfüber) ca. 40 sec.
3. Entfernen Sie den Aluminiumdeckel von der Trinköffnung und genießen Sie ihr Heißgetränk.
4. Beschreiben Sie unter Zuhilfenahme von Fachbegriffen das Funktionsprinzip des „selbstheizenden Trinkbechers“.



B Veränderte Aufgabenstellung

▼ INFOTEXT

Ein Apotheker möchte für seine Kunden Einmal-Wärmekissen zur Behandlung von Muskelverspannungen, -zerrungen und Gelenkerkrankungen herstellen. Diese Kissen sollen sich unter Ausnutzung der Lösungsenthalpie eines Salzes in Wasser auf ca. 50°C erwärmen. Als Chemikalien stehen ihm wasserfreies Calciumchlorid und Wasser zur Verfügung. Die als Wärmekissen vorgesehenen verschweißbaren Kunststoffbeutel haben ein Fassungsvermögen von etwas mehr als 20 mL.

▼ AUFGABE

- I. Wie würdest du ein solches Einmal-Wärmekissen bauen? Fertige eine beschriftete Skizze an und besprich deine Idee mit deinen Gruppenmitgliedern
- II. Überlege mit Hilfe einer Rechnung, wie viel Calciumchlorid der Apotheker für die Herstellung von einem Wärmekissen abwiegen muss. Berücksichtige dabei, dass nur ein Drittel der molaren Lösungsenthalpie des Salzes für die Erwärmung des Wasser genutzt werden kann, weil ein Teil der Ionen schon im Gitterverband hydratisiert wurde oder ein Teil der Lösungswärme sofort an die Umgebung/die Kunststoffolie abgegeben wird.

Hinweis:

$$c(\text{H}_2\text{O}) = 4,19 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \Delta H_{\text{Hm}}(\text{Cl}^-) = -380 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta H_{\text{Hm}}(\text{Ca}^{2+}) = -1580 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta H_{\text{Gm}}(\text{CaCl}_2) = -2197 \text{ kJ/mol};$$

Falls du auch mit Unterstützung deiner Gruppenmitglieder die Aufgabe nicht lösen kannst, kannst du dir auf den Hilfekärtchen am Pult Rat holen. Sei bitte ehrlich zu dir selbst und markiere die Hilfestellungen in deinem Rechenweg jeweils mit einem roten Stern.

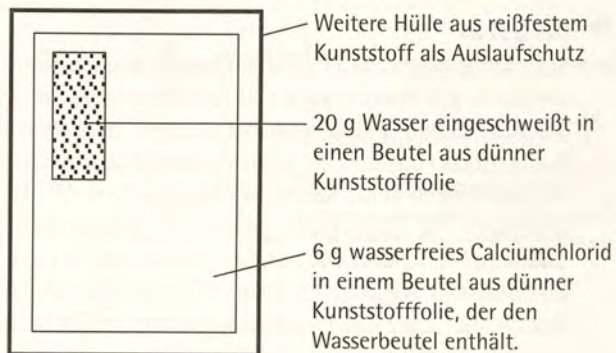
Wenn du das Ergebnis ermittelt hast, kannst du deinen Rechenweg mit der Lösungskarte vom Pult vergleichen. Wie viele Hilfestellungen hast du gebraucht?

- III. Kontrolliert inwieweit euer theoretisches Rechenergebnis mit der Realität übereinstimmt.
Baut das von euch geplante Wärmekissen und setzt es in Gang.
Protokolliert euer Ergebnis.
Was könntet ihr noch verbessern?

Abgestufte Lernhilfe: Wärmekissen

▼ AUFGABE 1

Bau eines Wärmekissens (Skizze)



▼ AUFGABE 3

- 20 g (mL) Wasser werden in einen Erlenmeyerkolben oder den entsprechenden Folienbeutel gegeben und die Wassertemperatur bestimmt. Nun löst man 6 g wasserfreies Calciumchlorid in dem Wasser und ermittelt das Temperaturmaximum beim Lösen (alternativ: Man startet den Lösevorgang durch Aufbrechen der inneren Folienhülle des Wärmekissens).
- Lösungswärme: Exothermer Vorgang
Temperaturdifferenz: ca. 30 °C
- siehe Rechnung bei Aufgabe 2
Die theoretische Berechnung ist auf die tatsächlichen Ergebnisse übertragbar.

▼ AUFGABE 2

geg.: $m(\text{H}_2\text{O}) = 20 \text{ g}$
 $\Delta\theta = 30 \text{ °C}$

ges.: $m(\text{CaCl}_2)$

ΔH_{Lm} : molare Lösungsenthalpie
 ΔH_{L} : Lösungsenthalpie
 ΔH_{Hm} : molare Hydratationsenthalpie
 ΔH_{Gm} : molare Gitterenthalpie
 c_p : Wärmekapazität bei konstantem Druck

Es gilt:

$$\text{I. } \Delta H_{\text{L}}(\text{CaCl}_2) = -c_p(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta H_{\text{L}}(\text{CaCl}_2) = -4,19 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 20 \text{ g} \cdot 30 \text{ K}$$

$$\Delta H_{\text{L}}(\text{CaCl}_2) = -2514 \text{ J} = -2,514 \text{ kJ}$$

$$\text{II. } \Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2) = H_{\text{Hm}}(\text{Ca}^{2+}) + 2 \cdot \Delta H_{\text{Hm}}(\text{Cl}^-) - \Delta H_{\text{Gm}}(\text{CaCl}_2)$$

$$\Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2) = -1580 \text{ kJ/mol} + 2 \cdot (-380 \text{ kJ/mol}) - (-2197 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2) = -143 \text{ kJ/mol} = -143000 \text{ J/mol}$$

$$\text{III. } \Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2) = \Delta H_{\text{L}}(\text{CaCl}_2) \cdot n(\text{CaCl}_2)$$

$$\text{IV. } M(\text{CaCl}_2) = 40 \text{ g/mol} + 2 \cdot 35,5 \text{ g/mol} = 111 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{CaCl}_2) = m(\text{CaCl}_2) / M(\text{CaCl}_2)$$

$$m(\text{CaCl}_2) = n(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{CaCl}_2)$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 0,053 \text{ mol} \cdot 111 \text{ g/mol} = 5,9 \text{ g}$$

Der Apotheker muss für jedes Wärmekissen ca. 6 g Calciumchlorid abwiegen

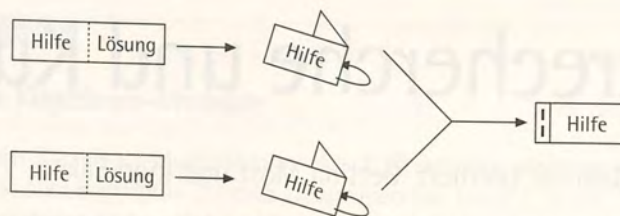
Selbsterwärmende Getränke (Schülerfragen zu den Getränkebechern „Caldo caldo“!)

- Auf welche Temperatur wird der im Becher befindliche Espresso aufgeheizt?
- Wie viel Wasser befindet sich im Fuß des Behälters?
- Wie viel Calciumchlorid wurde in den Behälterfuß eingefüllt?
- Aus welchen Materialien besteht das „Innenleben“ des Bechers?
- Warum nimmt man Calciumchlorid (und Natriumthiosulfat)?
- Wie funktionieren eigentlich Mehrweg-Wärmekissen?
- Gibt es weitere Anwendungsmöglichkeiten für Lösungsenthalpien?

Praxistipps zum Arbeiten mit abgestuften Lernhilfen

- Bleiben Sie als Lehrer in der Anfangsphase der Aufgabenstellung auf jeden Fall passiv. Schüler, die zusätzliche Hilfe durch den Lehrer brauchen, fordern diese z. B. durch Anschrieb ihres Namens an die Tafel an.
- Bieten Sie – in „denkfaulen“ Klassen – die Hilfekarten eventuell in geschlossenen Umschlägen an.
- Bedenken Sie, dass Schülerinnen und Schüler, die erst an einer späteren Stelle des Lösungsweges Hilfe brauchen, eventuell die vorhergehenden Hilfetipps kennen müssen.
- Um Hilfe- und Lösungskarten schnell unterscheiden zu können, kopieren Sie Hilfekarten z. B. auf grünes, Lösungskarten z. B. auf rotes Papier und versehen diese für eine schnelle Zuordnung mit möglichst großen Nummern.
- Statt mit Kärtchensätzen zu arbeiten, hat es sich bewährt kleine Hilfebüchlein herzustellen. Dies erspart das mühselige Sortieren der Kärtchensätze nach dem Unterricht und beugt den Verlusten einzelner Kärtchen vor.

Abgestufte Lernhilfen



Hilfe 1:

Überlege, welcher Zusammenhang zwischen der Lösungsenthalpie des Salzes und der Erwärmung des Wassers besteht.



Lösung 1:

$$\Delta H_L(\text{CaCl}_2) = -c(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta \vartheta$$

Hilfe 2:

Um wie viel °C soll das Kissen durch den Lösevorgang erwärmt werden? Berechne die benötigte Wärmemenge!



Lösung 2:

$$\Delta \vartheta = 30 \text{ °C}$$

$$\Delta H_L(\text{CaCl}_2) = -4,19 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 20 \text{ g} \cdot 30 \text{ K}$$

$$\Delta H_L(\text{CaCl}_2) = -2514 \text{ J} = -2,514 \text{ kJ}$$

Hilfe 3:

Welche Lösungswärme wird beim Lösen von 1 mol Calciumchlorid frei? Berechne die molare Lösungsenthalpie.



Lösung 3:

$$\Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2) = \Delta H_{\text{Hm}}(\text{Ca}^{2+}) + 2 \cdot \Delta H_{\text{Hm}}(\text{Cl}^-) - \Delta H_{\text{Gm}}(\text{CaCl}_2)$$

$$\Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2) = -1580 \text{ kJ/mol} + 2 \cdot (-380 \text{ kJ/mol}) - (-2197 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2) = -143 \text{ kJ/mol} = -143\,000 \text{ J/mol}$$

Hilfe 4:

Wie viel Mol Calciumchlorid müssen in der Wassermenge gelöst werden, um die benötigte Wärmemenge zu erhalten? Berücksichtige, dass nur ein Drittel (33 %) der theoretischen Lösungsenthalpie tatsächlich genutzt werden können.



Lösung 4:

$$\Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2) = \Delta H_L(\text{CaCl}_2) / n(\text{CaCl}_2)$$

$$n(\text{CaCl}_2) = \Delta H_L(\text{CaCl}_2) / 0,33 \cdot \Delta H_{\text{Lm}}(\text{CaCl}_2)$$

Hilfe 5:

Wie viel Gramm wiegt ein Mol Calciumchlorid? Welcher Zusammenhang besteht zwischen Masse und Stoffmenge? Wie viel Gramm Calciumchlorid werden benötigt?



Lösung 5:

$$M(\text{CaCl}_2) = 40 \text{ g/mol} + 2 \cdot 35,5 \text{ g/mol} = 111 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{CaCl}_2) = m(\text{CaCl}_2) / M(\text{CaCl}_2)$$

$$m(\text{CaCl}_2) = n(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{CaCl}_2)$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 0,053 \text{ mol} \cdot 111 \text{ g/mol} = 5,883 \text{ g}$$

Internetrecherche und Kugellager

Von Torsten Witteck, Gabriele Leerhoff, Bettina Most und Ingo Eilks

„Sucht das doch mal im Internet!“

Dies erscheint zunächst eine einfache und überschaubare Aufgabe zu sein, wenn es darum geht, eine bestimmte Einzelinformation zu finden, etwa den Siedepunkt von Ethanol. Auch erscheint sie nicht schwer, wenn der oder die Suchende geübt ist, quasi als Experte den fachlichen Rahmen kennt und relativ schnell die aufgefundenen Informationen hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit einschätzen kann.

Erwartet man aber von Schülerinnen und Schülern, sich über ein Thema im Internet zu informieren, braucht es mehr. Sie müssen

- sich klar werden, welche Art von Information von ihnen erwartet wird bzw. für den Lernzusammenhang relevant ist.
- eine Suchstrategie entwickeln und diese mit dem Medium umsetzen.
- aus der Vielzahl von Informationen selektieren und den Sinn der Zusammenstellung einschätzen.
- wissen oder selbst festlegen, welchen Umfang die herausgefilterten Informationen haben sollen.
- entscheiden, wie die Informationen gesichert werden.

Alle diese Setzungen können vorgegeben oder gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern entwickelt werden. Die Kontrolle der Umsetzung und die Reflektion hierüber sollten dann aber nicht ausschließlich durch die Lehrerin bzw. den Lehrer erfolgen.

Wünschenswert ist, dass die Vorgaben nur den Einstieg strukturieren und die Schülerinnen und Schüler selber den angesprochenen Rahmen finden können. Dies kann durch die Kombination der Arbeit am Internet mit der Kugellager-Methode (engl. Inside-Outside-Circle) geschehen [1–3], in der die Schülerinnen und Schüler sich die arbeitsteilig erlernten Inhalte gegenseitig erklären, wobei das Gelernte zudem kooperativ überprüft, verbessert und gesichert wird.

Internetrecherche und Kugellager am Beispiel des Erdöls

Erdöl ist mit einem Anteil von ca. 40% am Primärenergieverbrauch immer noch einer der bedeutendsten Energieträger und die Basis für viele Produkte der chemischen Industrie. Dennoch entscheiden sich viele Schulen zunehmend dafür, die Schwerpunkte der organischen Chemie in der Sekundarstufe I in anderen Bereichen (Alkohole, Fette oder Seifen) zu setzen. Aufgrund der Bedeutung auch für diese Bereiche erscheint es dennoch sinnvoll, zumindest in einem Exkurs, Einblicke in die Entstehung, Förderung und Raffination des Erdöls zu geben.

Gerade bei einem so alltags- und technikrelevanten Thema sollten entspre-

ren die Schülerinnen und Schüler arbeitsteilig einerseits die Entstehung und Förderung von Erdöl (vgl. **Abb. 1**), andererseits die Schritte der Verarbeitung in der Raffinerie. Sie sollen die zentralen Informationen zu ihrem jeweiligen Thema in Partnerarbeit suchen, zusammenstellen und dabei ein Informationsblatt mit den wichtigsten Informationen erstellen. Das Informationsblatt soll so gestaltet sein, dass jede Schülerin bzw. jeder Schüler mit diesem Blatt die wesentlichen Aspekte des eigenen Themas einer Mitschülerin bzw. einem Mitschüler der anderen Gruppe im Kugellager in ca. 5 Minuten erklären kann. Es muss deutlich gemacht werden, dass es nicht um Details der chemischen und verfahrenstechnischen Prozesse geht. Es soll viel-

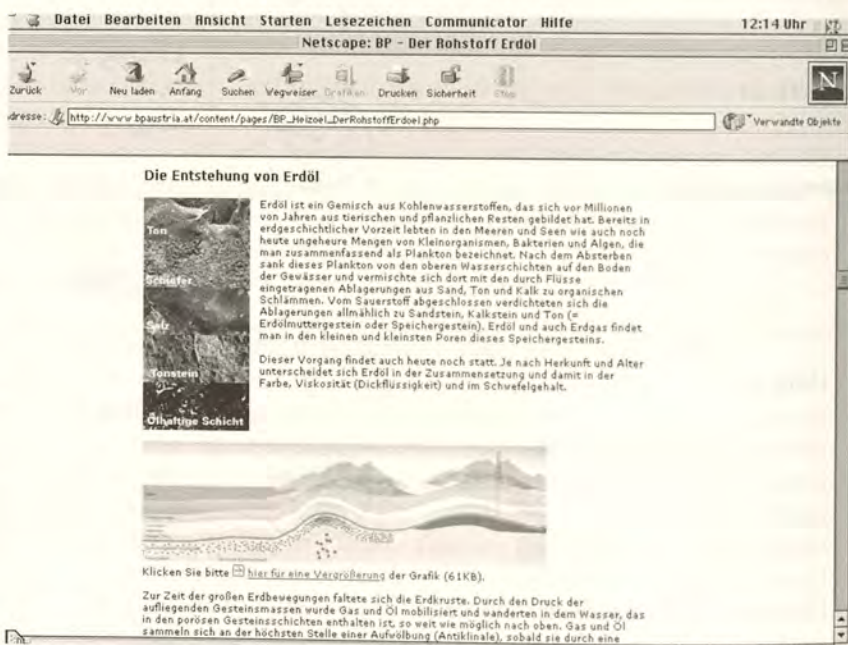


Abb. 1: Informationen zur Entstehung von Erdöl im Internet

chende Informationen im Internet verfügbar sein, etwa auf den Seiten der Mineralölwirtschaft. Ein solcher Exkurs kann also aus einer angeleiteten Internetrecherche in Kombination mit der Kugellager-Methode bestehen (s. **Kasten**).

Entlang einer Auswahl von geeigneten Internet-Links (**Tab. 1**) recherchie-

mehr auf der stofflichen Ebene beschrieben werden, was bei der Entstehung und Verarbeitung des Erdöls passiert.

Als Hilfe zur Strukturierung werden Fragen angeboten [3]. Für die Entstehung und Förderung von Erdöl: Aus welchen Bausteinen bestehen die chemi-

schen Verbindungen des Erdöls? Was unterscheidet Erdöl, Erdgas und Steinkohle? Wann, wie und woraus ist Erdöl entstanden? Wie und in welchen Regionen der Erde wird Erdöl gefördert? Wie viel Erdöl wird je Tag bzw. Jahr weltweit gefördert?

Für die Verarbeitung von Erdöl: Woraus besteht das Erdöl und was passiert in der Erdölraffinerie? Wie verläuft die Erdöldestillation? Was passiert beim Cracken, Hydrieren und Reformieren? Welches sind die wichtigsten Produktgruppen, die aus dem Rohöl gewonnen werden und welches sind ihre ungefähren Siedebereiche? Wie viel Erdöl wird je Tag bzw. Jahr in Deutschland verarbeitet?

Am Ende dieser Phase sollen die Schülerinnen und Schüler noch in den thematisch ausgerichteten Paaren sicherstellen, dass sie die gelernten Inhalte hinreichend verstanden haben, und üben, wie sie diese den Mitschülerinnen und -schülern erklären wollen. Hierbei kann ein weiterer Fragenkatalog zur Selbstkontrolle ggf. auch mit Musterlösungen angeboten werden. (Ausgearbeitete Aufgaben und Materialien zu diesem Thema finden sich in [3].)

Die Aufgabe danach ist die Weitergabe der Informationen nach der Kugellager-Methode (s. **Kasten**). Hier erklären sich die Lernenden zunächst ihre Teilthemen und kontrollieren das Gelernte anschließend in anderen Paaren durch Wiedergabe des zuvor Gelernten. Am Ende suchen sie nach den Gemeinsamkeiten der beiden Themen, hier z. B. die Verzahnung zu einem Gesamtprozess der Erdölförderung und -verarbeitung. Dieser weiterführende Schritt ist allerdings für manche Schülerinnen und Schüler bereits sehr anspruchsvoll.

Erfahrungen aus dem Unterricht

Erfahrungen mit der dargestellten Einheit in der Jahrgangsstufe 10 und an einem analogen Beispiel zur Mülltrennung und Abwasserklärung in der Jahrgangsstufe 7 [1, 2] haben gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler die Methode überwiegend sehr positiv einschätzen und motiviert aufnehmen.

Die Recherchen in Partnerarbeit im Internet funktionieren in der Regel gut, auch wenn sehr unterschiedliche Erfah-

Die Kugellager-Methode

In der Kugellager-Methode arbeitet sich die Lerngruppe in zwei unterschiedliche aber verwandte Themen arbeitsteilig ein. Danach bilden die Lernenden zwei Kreise, so dass sich jeweils zwei Lernende der jeweils unterschiedlichen Teilthemen gegenüber sitzen. Sie erklären sich wechselseitig in der eins-zu-eins Situation die von ihnen erarbeiteten Teilbereiche. Die jeweils Zuhörenden machen sich Notizen zu den Ausführungen der „Expertin“ bzw. des „Experten“. Durch das Drehen der beiden Sitzkreise in entgegengesetzter Richtung erzeugt man dann neue Paarungen, in denen die Lernenden zunächst anhand der gemachten Notizen nacheinander das ihnen gerade zuvor erklärte fremde Thema wiedergeben (vgl. Arbeitsblatt 1). Die „Experten“ hören zu und ergänzen bzw. korrigieren. Diese Umgruppierung führt auch dazu, dass die Schülerinnen und Schüler nicht ausschließlich auf eine Partnerin bzw. einen Partner angewiesen sind, falls diese evtl. nur unzureichend vorbereitet sind. Bei weiteren Drehungen des Kugellagers können die Lernenden verbliebene Unklarheiten klären, über die Thematik diskutieren oder nach Gemeinsamkeiten der beiden Themen suchen (s. **Arbeitsblatt 1**).

rungen in der Nutzung des Computers zu den auch sonst vorhandenen Unterschieden im Lern- und Arbeitstempo beitragen können. Ist dies der Fall, kann es helfen, jeweils Paare aus erfahrenen (z. B. mit Neigungskurs Informatik) und nicht so versierten Schülerinnen und Schülern zu bilden. Erfahrungsgemäß sind die meisten Schülerinnen und Schüler im Umgang mit dem Internet heute aber schon recht geübt.

Zu beachten ist auch, dass die Arbeiten der beiden Gruppen fast in jedem Kugellager zumindest graduell unterschiedlich schwierig sind. Im dargestellten Beispiel wird die Erdölentstehung und -förderung auf den angegebenen Seiten (Tab. 1) anschaulich und didak-

tisch gut dargestellt. Hierbei helfen auch kurze Animationen zur Entstehung von Erdöl, die von den Schülerinnen und Schülern gerne herangezogen werden. Die Vorgänge in der Erdölraffinerie hingegen sind schwerer zu verstehen. Es tauchen auf allen verfügbaren Internetseiten viele Fachbegriffe auf (u. a. Cracken, Hydrieren, Reformieren, Glockenboden- oder Vakuumdestillation). Diese stellen einige Schülerinnen und Schüler auch angesichts der Informationsdichte vor eine deutlich größere Herausforderung. Trotzdem werden die Musterlösungen auch in diesen Gruppen nur sehr selten, in einigen Klassen gar nicht, benutzt, selbst wenn sie durchgängig zur Verfügung stehen und auf sie verwiesen

Entstehung und Förderung

www.bpaustria.at/content/pages/BP_Heizoeel_DerRohstoffErdoel.php
www.aral-forschung.de/forschung/homepage/wissen/erd_erdoel.html
www.rwe-dea.com (→ Öl und Gas)
home.t-online.de/home/schule.reinkenhagen/home1.htm
gw.eduhi.at/thema/energie/erdol/erdoel.htm

Verarbeitung

www.aral-forschung.de/forschung/homepage/wissen/dieraffinerie
www.bpaustria.at/content/pages/BP_Heizoeel_DerRohstoffErdoel.php
www.oekoplus.oekoserve.net/ (→ Umweltlexikon)
gw.eduhi.at/thema/energie/erdol/erdoel.htm

Tab. 1: Geeignete Internetseiten zum Thema Erdöl

wird. Der Ehrgeiz selbstständig etwas zu entwickeln, ist in der Regel zu groß. Eine vorstrukturierte Skizze zur Destillation kann hier eine zusätzliche Hilfe darstellen. Auch kann man gegebenenfalls darauf achten, dass nicht gerade die leistungsschwächeren Schülerinnen und Schüler das anspruchsvollere Thema bearbeiten.

Durch die Aufgabe, das Gelernte im Anschluss an die Erarbeitung gegenseitig zu erklären wird, trotz der vereinzelt auftretenden Schwierigkeiten, von Beginn an eine sehr starke Motivation geschaffen. Diese ist häufig größer als die Motivation, die durch die Ankündigung eines schriftlichen Tests erzeugt wird. Daher sollte das ganze Vorgehen bereits vor Beginn der Unterrichtssequenz transparent gemacht worden sein.

Die konkrete Aufgabe, die Inhalte später zu erklären, stellt ein klares Ziel dar, das den Schülerinnen und Schülern hilft, ihre selbstständige Arbeit einzuschätzen und damit erfolgreicher zu bewältigen. Sie nehmen die Verantwortung für die Mitschülerinnen und Mitschüler sehr ernst. Gerade auch ihnen gegenüber wollen sie sich in einer solchen Situation nur ungern blamieren.

Allerdings ist die Vorbereitung dieser Erklärung nicht leicht. Bei ungeübten Schülerinnen und Schülern ist hier anfänglich mit Reibungsverlusten zu rechnen. So nehmen gerade diese Schülerinnen und Schüler den Arbeitsauftrag manchmal nicht ernst, das Erklären zu üben. Sie haben das Gefühl, sie könnten das schon irgendwie. So tut man gut daran, den Sinn dieser Aufgabe deutlich herauszustellen. Bei einem zweiten Kugellager ist dies in der Regel nicht mehr nötig.

Auch kann es sinnvoll sein, in dieser Phase Hilfestellung anzubieten. Dennoch sollte nur bei Bedarf und gut dosiert geholfen werden, stellt doch gerade das Vorbereiten einer solchen kleinen Präsentation selbst ein wichtiges Ziel dar, das man kaum hoch genug einschätzen kann. Aus Sicht der Schülerinnen und Schüler ist hierbei von Vorteil, dass sie sich zunächst nur gegenüber einer Person – und nicht vor der ganzen Lerngruppe – bewähren müssen.

In der anschließenden Vermittlung wird dann besonders augenfällig, wie intensiv die Schülerinnen und Schüler durch diese Aufgabe ins Gespräch kom-

men. Die arbeitsteilig gelernten Inhalte werden sehr ausführlich besprochen und die Informationen der jeweils anderen Gruppen relativ genau notiert. Die Lösungen sind überwiegend gut. Beobachtet man aber, dass sich einzelne Schülerinnen und Schüler beim gegenseitigen Erklären keine oder zu wenig Notizen machen, kann man als Zwischenschritt zunächst ein Abschreiben des jeweils anderen Informationsblattes auftragen. Auch kann man für die Wiederholung und Vertiefung zwischen einzelnen Schritten die Internet-Seiten der jeweils anderen Gruppe angeben, wenn die Schülerinnen und Schüler dies wünschen und Zugang zum Internet haben.

Leider gibt es aber fast immer auch einzelne Schülerinnen und Schüler, die z. B. ihre Unterlagen vergessen oder sich schlecht vorbereitet haben. Die Mitschülerinnen und -schüler reagieren auf solche Partner meist ziemlich sauer, was jenen in der Regel sehr unangenehm ist. Man kann diese Schülerinnen und Schüler für diese Phase dann aus dem Kugellager heraus nehmen und ihnen eine Aufgabe entlang der Musterlösung geben.

Insgesamt ist durch die Aufgabe des gegenseitigen Erklärens – vor allem bei wiederholtem Einsatz der Methode – eine deutliche Bereitschaft und eine starke Motivation der Schülerinnen und Schüler zu erkennen, sich Lerngegenstände eigenständig anzueignen. Die Gespräche sind stark auf den Lerngegenstand ausgerichtet und das methodisch relativ einfache Kugellager ist eine gute Übung für andere Formen des kooperativen Lernens, z. B. das Gruppenpuzzle (vgl. [4]).

Bei Unterrichtserprobungen des dargestellten Beispiels in vier Lerngruppen der Jahrgangsstufe 10 an Realschulen (97 Lernende) sowie dem Beispiel aus [1] in fünf Lerngruppen der Jahrgangsstufe 7 an Gymnasium und Realschule (151 Lernende) schätzten die Schülerinnen und Schüler die Methode in einem Zustimmungsforschungsbogen sehr positiv ein. Sie stimmten entsprechenden Aussagen deutlich zu, dass die Aufgabe, die Inhalte später erklären zu müssen, wesentliche Motivation war, sich in der Erarbeitung mehr Mühe zu geben (ca. 30 % vollständige und ca. 45 % teilweise Zustimmung) und sorgfältig zu arbeiten (ca. 30 % vollständige und ca. 40 % teilweise Zustimmung). Zustimmung fand auch, dass das anschließende Erklären zum

besseren Verständnis beigetragen hat (ca. 40 % vollständige und ca. 50 % teilweise Zustimmung). Letztlich erklärten die Lernenden, dass ihnen das Lernen mit dem gegenseitigen Erklären gut gefallen habe, da sie mit und von ihren Mitschülerinnen und -schülern etwas lernen konnten (ca. 40 % vollständige und ca. 35 % teilweise Zustimmung).

Kritik seitens der Lernenden kam nur sehr vereinzelt und dahingehend auf, wenn Mitschüler ihre Materialien vergessen hatten, nicht gut vorbereitet waren, der Geräuschpegel aufgrund mangelnder Rücksichtnahme zu groß wurde oder gezielte Antworten auf konkrete Fragen im Internet schwer zu finden waren.

Literatur

- [1] Eilks, I.; Bester, K.: Noch immer geht zu viel Müll „den Bach runter“ – Zur Behandlung von Mülltrennung und Abwasserklärung in der Jahrgangsstufe 7. PdN-ChiS 52 (2003), H. 8, S. 37–43
- [2] Eilks, I.; Witteck, T.: Internetrecherche zur Müll- und Abwasseraufbereitung – ein Kugellager. RAABits Chemie S I, 5. Erg., Stuttgart 2003, I/A 3
- [3] Witteck, T.; Eilks, I.: Internetrecherche zur Chemie des Erdöls – ein Kugellager. RAABits Chemie S I, Stuttgart, im Druck
- [4] Leerhoff, G.; Eilks, I.: Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich den Atombau – Erfahrungen mit einem Gruppenpuzzle, Prax. Sch. 5–10 13(2002), H. 5, S. 48–54

► **Torsten Witteck**, Lehrer für Chemie und Mathematik an der Brackweder Realschule in Bielefeld.

Gabriele Leerhoff, Lehrerin für Mathematik, Biologie und Chemie an der Realschule Am Bookholzberg in Ganderkesee.

Bettina Most, Lehrerin für Chemie und Biologie an der Wilhelm-Röntgen-Realschule und Fachleiterin für Chemie in Dortmund.

Prof. Dr. Ingo Eilks, Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Bremen
Universität Bremen, FB 2 – Didaktik der Chemie

Kontaktanschrift
Prof. Dr. Ingo Eilks,
Universität Bremen
Leobener Str. NW 2, 28334 Bremen
ingo.eilks@uni-bremen.de ◀

Methode: Kugellager

▼ VORBEREITUNG

Bearbeitet in Kleingruppen die beiden unterschiedlichen Themen A und B. Stellt sicher, dass ihr euer Thema so gut verstanden habt, damit ihr die wesentlichen Punkte den Schülerinnen und Schülern aus der anderen Gruppe in etwa 5 Minuten erklären könnt (Abb. 1). Erstellt hierfür einen Merktzettel.

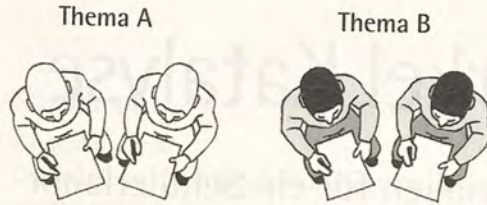


Abb. 1: Vorbereitung

▼ VORSTELLUNG

Bildet im Klassenraum zwei Kreise, so dass sich jeweils zwei Schülerinnen bzw. Schüler der unterschiedlichen Gruppen gegenüber sitzen. Berichtet euch gegenseitig über die Arbeit und die Ergebnisse (Abb. 2). Macht euch zu dem jeweils fremden Thema Notizen.

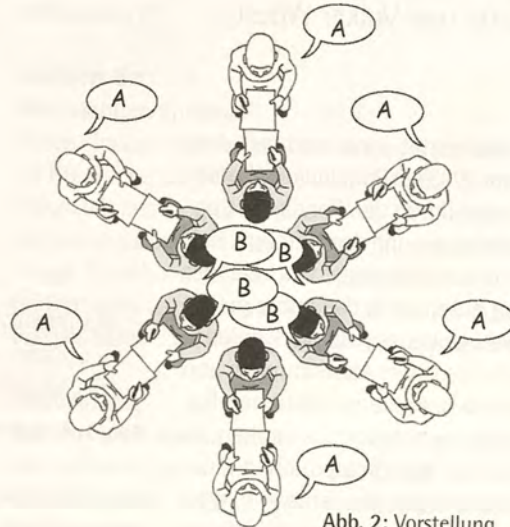


Abb. 2: Vorstellung

▼ ROTATION

Setzt euch jeweils einen Platz weiter, wie in der Abbildung dargestellt: Der innere Kreis im Uhrzeigersinn, der äußere Kreis entgegen dem Uhrzeigersinn (Abb. 3).

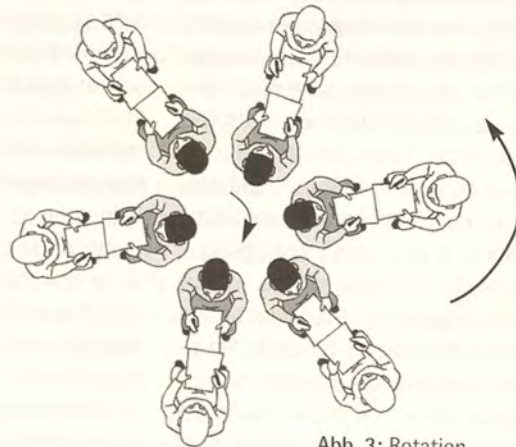


Abb. 3: Rotation

▼ KONTROLLE

Überprüft, was ihr gelernt habt, indem ihr nun nacheinander das jeweils fremde Thema erklärt. Eure Partnerin bzw. euer Partner hört aufmerksam zu und ergänzt oder verbessert (Abb. 4).

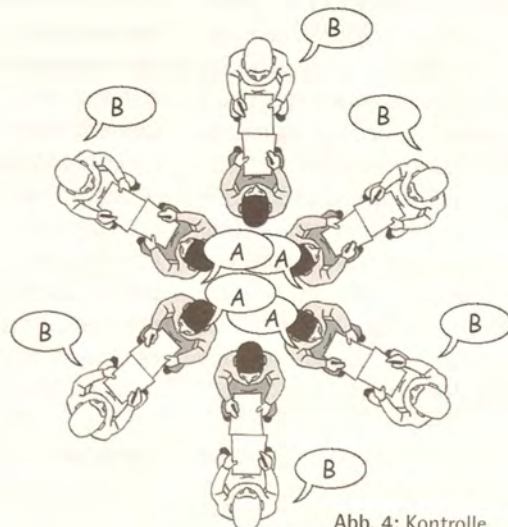


Abb. 4: Kontrolle

▼ ABSCHLUSS

Dreht das Kugellager noch ein weiteres Mal (Abb. 3). Klärt noch verbliebene Unklarheiten. Sucht nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden in den beiden Themen. Wie hängen die beiden Themen zusammen?

Lernzirkel Katalyse

Arbeitsmaterialien für ein Schülerlabor

Von Dagmar Wurm und Volker Woest

An der Universität Jena wird seit dem 03. Februar 2003 ein Schülerlabor betrieben, welches durch den Fonds der Chemischen Industrie und das Thüringer Kultusministerium unterstützt wird. Seit der Eröffnung erfreut sich das Labor großer Beliebtheit, wobei es gelingt, Schülerinnen und Schüler aller Altersgruppen und Schulformen mit alltagsorientierten Experimentalangeboten anzusprechen.

Durch die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen der Lernenden werden hohe Anforderungen an die eingesetzten Arbeitsmaterialien gestellt. Da Vorkenntnisse nur bedingt vorausgesetzt werden können, enthalten die Arbeitsvorschriften eine kurze und einfach gehaltene Einführung in das Thema. Mithilfe einer detaillierten Versuchsdurchführung werden gerade wenig erfahrene und leistungsschwache Schülerinnen und Schüler beim selbstständigen Experimentieren angeleitet. Darüber hinaus erlaubt ein großes Angebot an Arbeitsstationen eine Differenzierung nach Schülerfähigkeiten und Interessen. Es hat sich als besonders hilfreich erwiesen, für die Arbeit im Schülerlabor einen Laufzettel bereitzustellen, auf dem die Lösungen der Aufgaben gesammelt werden sollen. Diese sind auf die jeweiligen Altersstufen abgestimmt und fördern somit den Erkenntnisgewinn durch das Experiment und die Auswertung des Praktikums im nachfolgenden Chemieunterricht.

Der Lernzirkel zum Thema Katalyse wurde mit Unterstützung von Lehrern entwickelt und orientiert sich an den Vorgaben des Thüringer Lehrplans Klassenstufe 10. Dort wird Katalyse dem Themenschwerpunkt „Voraussetzung und Beeinflussung chemischer Reaktionen“ zugeordnet. Es wird vorgeschlagen, die Wirkungsweise im Kraftfahrzeug als technisch wichtige Anwendung zu thematisieren und sich anhand geeigneter Diagramme und Experimente mit der Beeinflussung von Reaktionsbedingun-

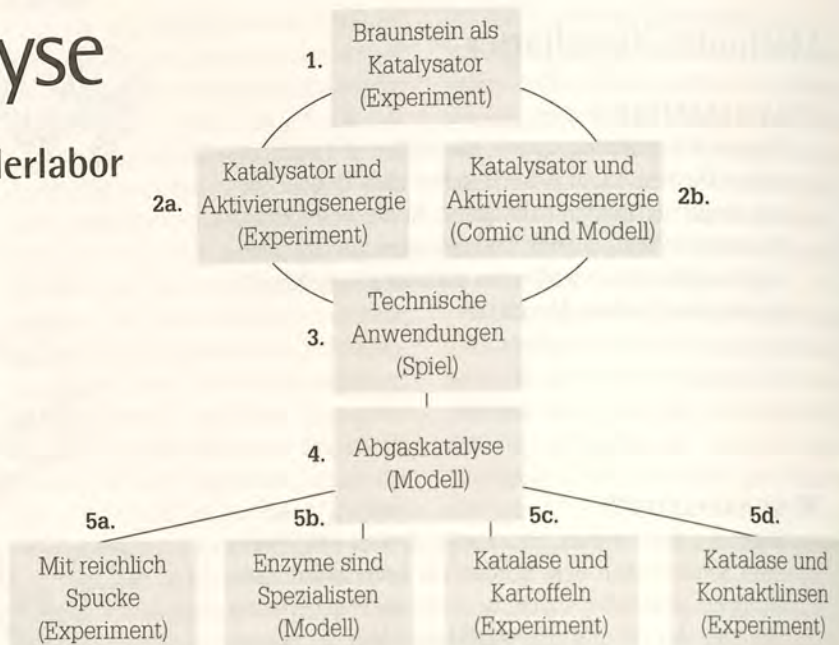


Abb. 1: Aufbau des Lernzirkels

gen, der wirtschaftlichen Bedeutung sowie mit Biokatalysen auseinanderzusetzen. Der Lernzirkel umfasst insgesamt acht Lernstationen, von denen fünf von jeder Schülergruppe bearbeitet werden sollen (Abb. 1). Pflichtstationen sind die Stationen 1, 3 und 4. Bei Station 2 besteht die Auswahlmöglichkeit zwischen Station 2a und b. Bei Station 5 können die Schülerinnen und Schüler zwischen den Stationen 5a-d auswählen. Der Lernzirkel ist so konzipiert, dass mit einer beliebigen Station begonnen und die Reihenfolge der weiteren Stationen frei gewählt werden kann.

Die Materialien der Stationen (Informationstexte, Experimentieranleitungen, modellhafte Darstellungen) sind selbsterklärend gestaltet, so dass sich die Schülerinnen und Schüler die neuen Fachinhalte selbstständig aneignen können. Die Wahlstationen erlauben ihnen ihr Wissen nach eigenen Interessen zu vertiefen. Durch die Möglichkeit, sich an Station 2 zwischen Experiment (2a) und Modell (2b) zu entscheiden, sollen unterschiedliche Lerner optimal gefördert werden. Die vier Lernstationen 5a-d stellen verschiedene Aspekte der Biokatalyse durch Enzyme in den Vordergrund. Um die Inhalte der vier Arbeitsstationen der gesamten Klasse zugänglich zu machen, bieten sich bei der Auswertung kurze Schülervorträge an.

Mithilfe des vorgestellten Lernzirkels können folgende Inhalte erarbeitet werden:

- Katalysatoren beschleunigen chemische Reaktionen, die ohne sie nur sehr langsam ablaufen würden. (Station 1)
- Katalysatoren setzen die Aktivierungsenergie für eine chemische Reaktion herab. (Station 2a-b)
- Katalytische Verfahren werden für die Herstellung vieler Chemikalien und Alltagsprodukte sowie Nahrungsmittel genutzt. (Station 3)
- Durch die Abgaskatalyse im Auto wird der Schadstoffausstoß verringert. (Station 4)
- Die Biokatalyse durch Enzyme spielt eine wichtige Rolle für die Aufrechterhaltung der Stoffwechselfvorgänge beim Menschen. (Station 5a)
- Enzyme sind Spezialisten: Sie reagieren nur mit bestimmten Stoffen: Schlüssel-Schloss-Prinzip. (Station 5b)
- Die Enzymaktivität wird durch Temperatur- und Milieuveränderungen empfindlich beeinflusst. (Station 5c)
- Die Enzymkatalyse wird in Alltagsprodukten wie z. B. Kontaktlinsenreinigung genutzt. (Station 5d)

Erfahrungen

Der Lernzirkel Katalyse wurde in einer zehnten Klasse an einem Thüringer Gymnasium erprobt, wobei den Schülerinnen und Schülern für die Bearbeitung drei Unterrichtsstunden zur Verfügung standen. Sie bekamen den Auftrag mindestens fünf Lernstationen zu bearbeiten

Hinweise zu den Lernstationen

Station 1

Braunstein als Katalysator

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen die katalytische Zersetzung von Wasserstoffperoxid durch Braunstein und erkennen daran, dass der sonst sehr langsame Zerfall durch den Katalysator erheblich beschleunigt wird. Dabei wird mit Braunsteintabletten gearbeitet, anhand derer sehr gut deutlich wird, dass Katalysatoren bei der Katalyse nicht verbraucht werden. Die Tabletten werden nacheinander in verschiedene H_2O_2 -Proben getaucht und auf äußerliche Veränderungen geprüft.

Herstellung der Braunsteintabletten: Eine Mischung aus 4,5 g Gips und 1,5 g Braunstein wird mit wenig Wasser angerührt und in einer alten Tablettenpackung in Form gegossen.

Station 2a

Katalysator und Aktivierungsenergie (Experiment)

Die Schülerinnen und Schüler stellen im Mikromaßstab ein Knallgasgemisch her und entzünden es durch eine Flamme sowie alternativ mit einem kleinen Bausch Platinkatalysator. Als Katalysator wird mit Platin beschichtete Quarzwolle eingesetzt. Als Vorbereitung wird dafür fein verteiltes Platin aus einer Hexachloroplatinsäure-Lösung auf der Quarzwolle abgeschieden [1]. Der Ausgangsstoff, Hexachloroplatinsäure, ist jedoch teuer: 1g kostet bei Fluka 53,40 Euro; 5 mL der 10%-igen Lösung bietet Hedinger für 96,00 Euro an. Der beschriebene Versuch kann auch mit Platinkatalysatorperlen (Hedinger 50g für 16,50 Euro) durchgeführt werden, der Effekt ist jedoch weniger deutlich [2]. Die Katalysatorperlen müssen unmittelbar vor dem Versuch in der Flamme ausgeglüht werden.

Station 2b

Katalysator und Aktivierungsenergie (Comic)

Um zu veranschaulichen, dass Katalysatoren die Aktivierungsenergie herabsetzen, wird ein Comic eingesetzt. Im Comic werden nicht Atome, sondern zwei heiratswillige Menschen dargestellt. Die beiden möchten zum Standesamt, um dort eine feste Bindung einzugehen. Als Bild für die Aktivierungsenergie, die sie überwinden müssen, bevor sie zu ihrem Ziel gelangen, steht ihnen zunächst ein beschwerlicher Weg bevor. Der Katalysator in Form eines Taxis kommt ihnen zu Hilfe: Das Taxi bringt sie schnell und ohne Anstrengung zu ihrem Ziel. Während der Fahrt gehen sie eine „Zwischenverbindung“ mit dem Wagen ein. Auch die Steuerung von Reaktionen durch Katalysatoren wird mit diesem Bild deutlich: Da der Taxifahrer den Weg kennt, leitet er das Paar sicher und ohne Umwege zu ihrem Ziel.

Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler ist es, Untertitel zu den einzelnen Bildern des Comics zu entwerfen und damit die Wirkungsweise des Katalysators zu veranschaulichen.

Weitere Modelle zu Katalyse und Aktivierungsenergie werden in der Literatur beschrieben [3], [4].

Station 3

Technische Anwendungen

Mithilfe eines Spiels lernen die Schülerinnen und Schüler technische Anwendungen der Katalyse kennen (s. S. 78f).

Station 4

Abgaskatalyse

Die Schülergruppen erhalten die Aufgabe, anhand eines alten, halbierten Abgaskatalysators den Aufbau des Abgaskatalysators zu skizzieren und in der Gruppe über dessen Funktionsweise zu diskutieren [5].

Station 5a

Mit reichlich Spucke

Durch einen einführenden Text lernen die Schülerinnen und Schüler die Bedeutung der Enzymkatalyse für den Stoffwechsel im menschlichen Körper kennen (s. S. 77). Anhand des folgenden Experiments untersuchen sie die Aktivität der Verdauungsenzyme im Speichel (s. S. 78). Auf einen Stärke-Agar-Agar wird mit Spucke eine Zeichnung aufgetragen. Die Zeichnung wird mithilfe einer Entwickler-Lösung (Lugolsche Lösung) sichtbar gemacht.

Station 5b

Enzyme sind Spezialisten

Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler ist es, zu veranschaulichen wie Enzyme eine Stoffauswahl treffen. Dafür werden drei Modelle angeboten, mithilfe derer sie das Schlüssel-Schloss-Prinzip erklären sollen (s. S. 77). Das letzte Modell bedarf einer Erklärung: Mit dem Zigarrenschneider kann nur stangenförmiges Obst oder Gemüse geschnitten werden (wie z. B. Lauch), ein runder Apfel dagegen nicht (vgl. auch [6]).

Station 5c

Katalase und Kartoffeln

Die Schülergruppen untersuchen die Temperaturempfindlichkeit von Enzymen. Dafür arbeiten sie mit dem Enzym Katalase. Das Enzym zersetzt das Zellgift Wasserstoffperoxid zu Wasser und Sauerstoff. Zunächst tropfen die Schülerinnen und Schüler Wasserstoffperoxid auf eine Kartoffelscheibe und beobachten eine rege Gasentwicklung. Anschließend erhitzen sie eine Büroklammer in der Flamme und drücken sie auf eine zweite Kartoffelscheibe. Bei erneuter Wasserstoffperoxidzugabe ist an den erhitzten Stellen keine Gasentwicklung zu beobachten.

Station 5d

Katalase und Kontaktlinsen

Die Schülerinnen und Schüler lernen ein Anwendungsbeispiel der Enzymkatalyse kennen: In Kombi-Lösungen für die Kontaktlinsenreinigung wird das Desinfektionsmittel Wasserstoffperoxid in Verbindung mit Katalase eingesetzt. Katalase übernimmt dabei die gleiche Aufgabe wie in lebenden Zellen, den Abbau von Wasserstoffperoxid zu Wasser und Sauerstoff. Nach Untersuchung des Enzyms Katalase in einem Pflanzenblatt erschließen sich die Schülerinnen und Schüler die Wirkungsweise der Kontaktlinsenreiniger im Experiment. Dabei sind sie darauf angewiesen die Inhaltsangaben auf den Reinigungsmittelverpackungen genau zu studieren.

Anmerkung: Kollegen, die an dem gesamten Lernzirkel interessiert sind, wenden sich bitte an die Verfasser. Das Material wird Ihnen dann elektronisch zugesandt.



Abb. 2: Das Memory-Spiel (Station 3) war für viele eine Herausforderung

und die Ergebnisse auf einem Laufzettel zu sammeln. Vor der Durchführung erklärte die Lehrerin kurz den Aufbau des Lernzirkels mit Pflicht- und Wahlstationen und teilte die Lerngruppe nach einem Losverfahren in Zweiergruppen ein. Die Verweilzeit an den einzelnen Lernstationen, die Reihenfolge der Bearbeitung sowie die Auswahl der Wahlstationen wurde den Schülergruppen überlassen. Nach der etwa fünfzehnminütigen Einführung begannen die Schülerinnen und Schüler zu arbeiten. Die Auswahl einer ersten Station und der selbstständige Wechsel zu den nächsten Stationen klappten ohne Probleme. Einige Schülergruppen hatten jedoch nicht verstanden, welche Pflichtstationen sie bearbeiten sollten und bedurften während des Lernzirkels einer kurzen individuellen Beratung.

Insgesamt lässt sich sagen, dass insbesondere die experimentellen Lernstationen (Station 1, 5a, 5c u. 5d) für die Lernenden sehr attraktiv waren, so dass viele auch freiwillig zusätzliche Stationen durchführten. Dabei ermöglichten die Stationsmaterialien es ihnen, sehr selbstständig die Versuche durchzuführen und auszuwerten.

Alle Schülergruppen kooperierten gut miteinander, obwohl durch das Zufallsprinzip nur wenige mit ihren Banknachbarn zusammenarbeiteten. Darin erkannten die Schülerinnen und Schüler sogar eine Chance, sich mehr auf die Arbeit und weniger auf Privatgespräche zu konzentrieren. In einigen Gruppen wurde arbeitsteilig gearbeitet: Ein Partner experimentierte während der andere die Ergebnisse auf dem Laufzettel notierte.

Die Rollenverteilung wurde aber von Lernstation zu Lernstation gewechselt.

Die Gruppen verweilten durchschnittlich fünfzehn Minuten an den einzelnen Stationen. Während der Erprobung ließ sich beobachten, dass insbesondere die wenig motivierten und lernschwächeren Schülerinnen und Schüler sehr zielorientiert und selbstständig arbeiteten. Auf Nachfrage gaben sie an, dass der Lernzirkel das für sie trockene Fach Chemie interessanter gemacht hat, da sie selbst etwas ausprobieren konnten und die vielen Anwendungsaufgaben ihnen geholfen haben, die Fachinhalte besser zu verstehen. Die leistungsstärkeren Schülerinnen und Schüler fühlten sich hingegen durch den Lernzirkel eher unterfordert. Sie hätten sich weitergehende Informationen zum Thema gewünscht, vor allem Texte zur Vertiefung.

Einige Schülergruppen hatten Probleme bei der Auswertung der Lernstationen. Durch gezielte Nachfragen der Lehrperson konnten sie aber zu einem eigenen Ergebnis gelangen. Besondere Schwierigkeiten bereitete bei Lernstation 5d der Transfer des erarbeiteten Wissens vom ersten Experiment (Untersuchung des Enzyms Katalase in einem Pflanzenblatt) auf den zweiten Versuch (Katalase in Kontaktlinsenreinigern), der die Anwendung des Enzyms Katalase bei der Reinigung von Kontaktlinsen untersucht, da die Schülerinnen und Schüler nicht von sich aus die Inhaltsangaben auf den Kontaktlinsenreinigern studierten. Auch das Memory-Spiel von Lernstation 3 (Abb. 2) war für viele eine große Herausforderung. Die meisten

Gruppen konnten die Paare (Reaktion und Katalysator) erst zuordnen, nachdem sie alle Karten umgedreht hatten. Der Wert dieses spielerischen Zugangs zum Thema Katalyse für die Auswertung und Systematisierung ist jedoch unbestritten. Sehr kritisch beurteilten die Schülerinnen und Schüler auch den Comic (Lernstation 2). Vielen erschien die dargestellte Liebesgeschichte albern und sie betonten, dass sie die entsprechenden Lerninhalte auch sehr gut ohne diese zusätzliche modellhafte Darstellung verstanden hätten.

Nach der Durchführung des Lernzirkels wurde eine kurze Feedbackrunde durchgeführt. Dabei bewerteten die Schülerinnen und Schüler die Arbeit mit dem Lernzirkel sehr positiv, gaben jedoch auch wichtige Hinweise auf Verständnisschwierigkeiten und Probleme, die in der Auswertung und Systematisierung thematisiert wurden.

Besonders bedanken möchten wir uns bei den Kolleginnen und Kollegen des Friedrich-Schiller-Gymnasiums Eisenberg. Weiterhin gilt unser Dank dem Fonds der Chemischen Industrie (FCI) und dem Thüringer Kultusministerium (TKM) für die Unterstützung dieses Vorhabens.

Literatur

- [1] <http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/katalyse>
- [2] Hülsmann, K.-H.: Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff. NiU-Chemie 9 (1998), Nr. 48, S. 26–28
- [3] Lemke, R.: Katalysator-Modelle. PdN-Chemie 6 (1992), Nr. 41, S. 10–15
- [4] Fonds der chemischen Industrie (Hrsg.): Folienserie 19 Katalyse. Frankfurt 1986
- [5] Münster, D.: Katalyse – Vielfältige Ansichten einer Erscheinung. NiU-Chemie 11 (2000), Nr. 58/59, S. 77–95
- [6] Wenck, H.; Budde, M.: Katalyse und Enzyme. NiU-Chemie 8 (1997), Nr. 39, S. 18–21

► **Dagmar Wurm**, Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Dagmar.Wurm@uni-jena.de

Prof. Dr. Volker Woest, Leiter der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker.Woest@uni-jena.de

Friedrich-Schiller-Universität
August-Bebel-Str. 6–8, 07743 Jena ◀

Katalysatoren in unserem Körper: Die Enzyme

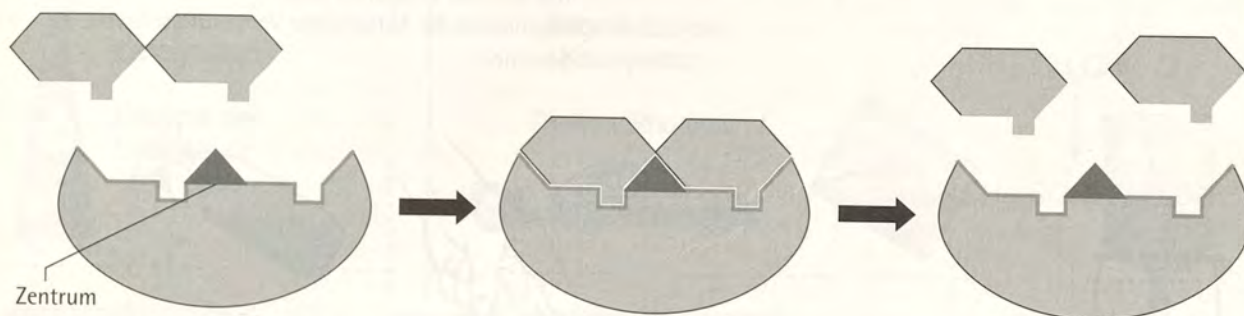
Im menschlichen Körper laufen zahlreiche chemische Reaktionen ab, die zur Aufrechterhaltung des Lebens notwendig sind. Zum Beispiel sind das die Energiegewinnung aus der Nahrung, die Vermehrung von Körpersubstanz oder der Abbau von Abfallstoffen. Die Gesamtheit dieser Umsetzungen wird als Stoffwechsel bezeichnet.

Katalysatoren spielen beim menschlichen Stoffwechsel eine wichtige Rolle: Etwa 1000 verschiedene Katalysatoren, die so genannten Enzyme, sind an den Stoffwechselvorgängen beteiligt. Die Aufgabe der Enzyme ist es, chemische Reaktionen, die im Labor nur bei Einsatz konzentrierter Säuren oder Laugen und hohen Temperaturen ablaufen, so zu beschleunigen, dass sie bereits bei Körpertemperatur stattfinden

den können. Die Enzyme erledigen diese Aufgabe gut! An einem Enzym können innerhalb einer Minute zwischen 100 und 10.000.000 Moleküle umgesetzt werden.

Die Enzyme gehören zu der Stoffgruppe der Eiweiße, natürliche Makromoleküle (Riesenmoleküle) mit einer Molekülmasse zwischen 10.000 und 1.000.000 g/mol.

Sie sind Spezialisten. Jedes Enzym beeinflusst nur bestimmte Reaktionen, oftmals nur eine einzige chemische Reaktion. Dabei laufen die Reaktionen nur an bestimmten Stellen des Enzyms – den aktiven Zentren – ab. Aufgrund der räumlichen Gestalt der Enzyme können nur ausgewählte Stoffe zu den aktiven Zentren gelangen. So wird eine Stoffauswahl getroffen.



STATION 5b

Enzyme sind Spezialisten

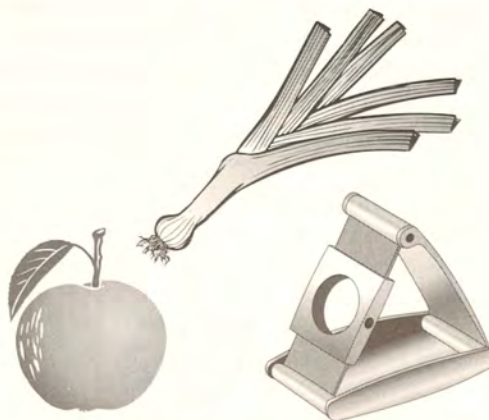
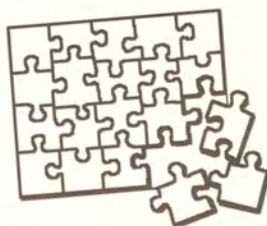
▼ AUFGABEN

Lest den Text „Katalysatoren in unserem Körper: Die Enzyme“ aufmerksam durch.

Erklärt mit Hilfe eines der drei angebotenen Modelle, wie Enzyme es bewerkstelligen, eine Stoffauswahl zu treffen.

▼ MODELLE

Vorhängeschloss, verschiedene Schlüssel, Puzzle, Apfel, Lauch, Zigarrenscheider



Mit reichlich Spucke

▼ AUFGABEN

Lest den Text „Katalysatoren in unserem Körper: Die Enzyme“ aufmerksam durch.

Die Verdauung der Nahrung beginnt bereits im Mund. Führt den Versuch durch und untersucht die Aktivität der Verdauungsenzyme im Speichel.

▼ GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Stärke, Lugolsche Lösung, Becherglas (100 mL), Messzylinder (25 mL), Glasstab, Dreifuß, Agar-Agar (Geliermittel), Spatellöffel, Petrischale, Sprühflasche, Bunsenbrenner, Drahtnetz

Hinweis: Bei Lugolscher Lösung handelt es sich um eine Iod-Kaliumiodid-Lösung. Sie wird zum Nachweis von Stärke verwendet.

▼ DURCHFÜHRUNG

Gibt eine Löffelspitze Stärke sowie einen Spatellöffel Agar-Agar in das Becherglas.

Fügt 10 mL Wasser hinzu und kocht das Gemisch unter Rühren auf.

Gießt die heiße Lösung in die Petrischale. Wartet bis sie fest wird.

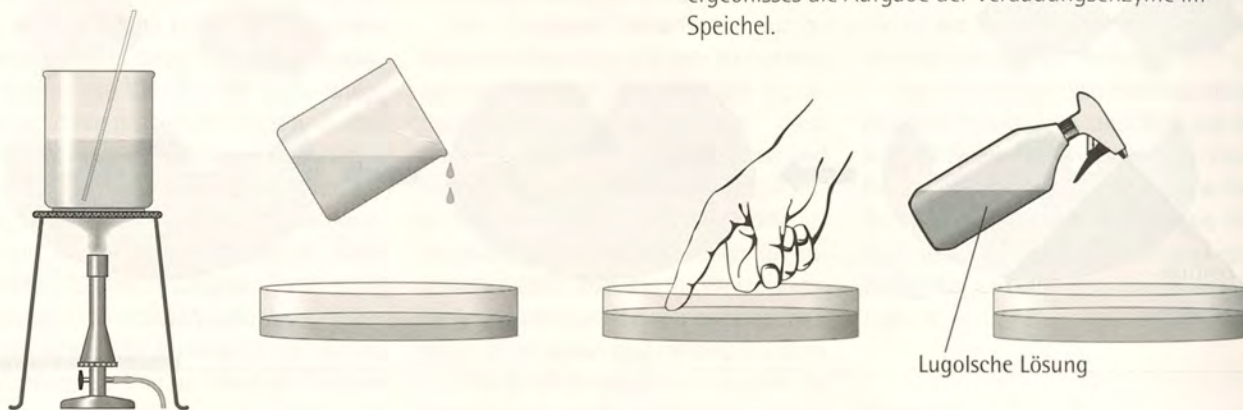
Zeichnet nun mit Spucke eine Figur auf die Oberfläche des Gelees.

Wartet etwa eine Minute lang und wäscht dann die Spucke unter dem Wasserhahn wieder ab.

Besprüht das Gelee vorsichtig mit wenig Lugolscher Lösung.

▼ AUSWERTUNG

Beschreibt euer Versuchsergebnis. Erklärt, warum ein Bild sichtbar wird und erläutert anhand des Versuchsergebnisses die Aufgabe der Verdauungsenzyme im Speichel.



Technische Anwendungen (Domino oder Memory)

Viele wichtige Chemikalien aber auch Lebensmittel werden mithilfe katalytischer Verfahren hergestellt. Spielt das Memory zu technischen Anwendungen der Katalyse. Stellt anschließend vier Anwendungsbeispiele aus dem Memory in einer Tabelle dar (Reaktion, Produkt und Katalysator).

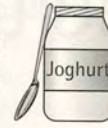
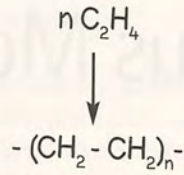
▼ SPIELANTEILUNG

Wenn die Karten auseinander geschnitten werden, kann damit Domino oder Memory gespielt werden: Schneidet man die Karten als Doppelkarten entlang der vorgegebenen Kartengrenzen aus, so erhält man ein Dominospiel.

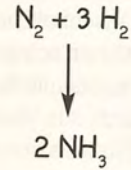
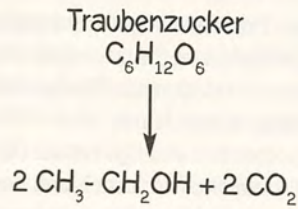
Für das Memoryspiel werden die Karten als 16 Einzelkarten ausgeschnitten und auf Karton aufgeklebt. Der Spielablauf kann nach den einfachen Regeln der bekannten Kinderspiele gestaltet werden.

zu STATION 3

Schneide die Karten entlang der gestrichelten Linie aus. Je nachdem, ob du die Karten als Einzel- oder Doppelkarten ausschneidest, erhältst du ein Memory- oder ein Dominospiel.



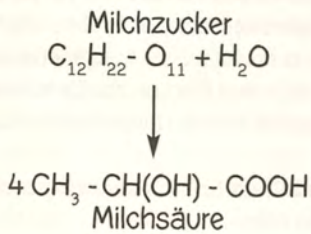
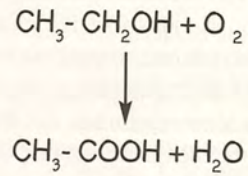
Katalysator:
Enzyme der
Milchsäure-
bakterien



Katalysator:
Enzyme der
Essigsäure-
bakterien

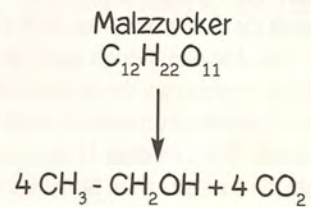
Abgaskatalyse
Katalysator:

Platin + Rhodium



Kracken Katalysator:

$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$



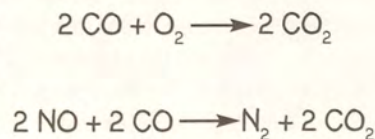
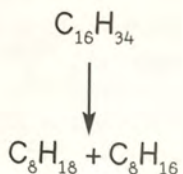
Haber-Bosch-Verfahren
Katalysator:
 $\text{Fe} (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2)$

Polyethylenherstellung
Katalysator:

Titanverbindungen



Katalysator:
Enzyme der Hefe



Katalysator:
Enzyme der Hefe



Formeln ableiten aus Modellen

Von Hans-Dieter Barke

Es ist und bleibt im Chemieunterricht wegen der unanschaulichen mathematischen Operationen schwierig, auf dem historischen Weg chemische Formeln abzuleiten, nämlich aus Vergleichen von Massen und Volumina bestimmter Stoffportionen vor und nach chemischen Reaktionen. Akzeptiert man die heutigen Methoden der Instrumentellen Analytik, einschließlich der Röntgenstrukturanalyse, und die Tatsache, dass der Computer die Untersuchungsergebnisse mithilfe von dreidimensionalen Modellzeichnungen chemischer Strukturen auszudrucken vermag, so ergibt sich für den Unterricht ein anschaulicher Weg zur Formel: Die Messergebnisse der Experten werden den Schülerinnen und Schülern in Form räumlicher Strukturmodelle vorgestellt und aus diesen Modellen die entsprechenden Formeln abgeleitet.

Das ist für die Formeln von Molekülen trivial: Das Molekülmodell lässt sich in die Ebene projizieren, die Molekülstruktur durch ein Struktursymbol darstellen und dieses Symbol über Halbstrukturformeln bis zur einfachen Molekülformel verkürzen. Für dieses Vorgehen wird lediglich ein Molekülbaukasten benötigt, der in fast allen Schulen vorhanden ist.

Hinsichtlich der Formeln für Legierungen oder Salze sieht es anders aus. Die Modelle entsprechender infiniter Strukturen sind meist nicht vorhanden, sondern müssen in Form von Kugelpackungen oder Raumgittern gebaut werden, ehe daraus die Symbole für Atom- oder Ionenanzahlenverhältnisse abgeleitet werden können. Der Bau solcher Strukturmodelle ist ausführlich anderenorts beschrieben worden ([1], [2], [3]). Im Folgenden werden Aufgabenvorschläge gemacht, wie man die Formeln für Salze aus entsprechenden Strukturmodellen ableiten kann.

Kristallstrukturen

Die Struktur von Kristallen erhält der Experte als Ergebnis der Röntgenstruktur-

analyse. Das bekannteste Beispiel frühzeitig aufgeklärter Strukturen ist die des Natriumchlorid-Kristalls. Nachdem Laue und Bragg in den Jahren 1912–1915 erste Hypothesen bestätigt hatten [4], war man überrascht: Natriumchlorid besteht nicht aus NaCl-Molekülen, sondern muss beschrieben werden als dreidimensional unendliches Gitter von Na⁺- und Cl⁻-Ionen im Zahlenverhältnis 1 : 1 (Abb. 1a). Es wurde auch üblich, die Struktur zu beschreiben als kubisch dichteste Kugelpackung aus Cl⁻-Ionen, deren Oktaederrücken vollständig mit Na⁺-Ionen besetzt sind ([1], [2], [3]).

Zum besseren Studium wählt man kubische Ausschnitte aus der Struktur, die man als Kugelpackungen (Abb. 1a) oder als Raumgitter (Abb. 1b) darstellt. Die kleinste würfelförmige Kugelpackung, die noch alle Symmetrien der Struktur aufweist, wird Elementarwürfel genannt (Abb. 1c), er heißt auch flächenzentriert, weil jede Würfelfläche zentrisch von einer Kugel besetzt ist. Dieser Elementarwürfel zeigt Koordinationszahlen und Größenverhältnisse der Ionen der Kochsalzstruktur sehr gut – nur eines zeigt er nicht: das Zahlenverhältnis der Ionen im Ionengitter. Zählt man die Kugeln des Elementarwürfels aus, so findet man 14 große Kugeln und nur 13 kleine Kugeln, es würde die Formel (Na⁺)₁₃(Cl⁻)₁₄ resultieren. Um diesen Nachteil zu umgehen und einen Ausschnitt aus der Struktur zur Verfügung zu haben, der in alle Raumrichtungen verschoben dieselbe Struktur beliebig weit ausgedehnt aufbaut, erfand man die Elementarzelle: Sie entsteht, wenn man die Außenkugeln des Elementarwürfels durch die Mittelpunkte senkrecht durchschneidet (Abb. 1d). Allerdings muss man dann in einer solchen Elementarzelle alle Achtel-, Viertel- und Halbkugeln zusammen zählen und findet so 4 große Vollkugeln und 4 kleine ganze Kugeln (Abb. 1d). Dementsprechend lautet die Formel der Elementarzelle (Na⁺)₄(Cl⁻)₄ bzw. (Na)₄(Cl)₄. Sie lässt sich schließlich verkürzen zu (Na⁺)₁(Cl⁻)₁ oder (Na⁺)(Cl⁻) oder NaCl.



Für den Bau der Elementarzellen sind Materialien für die Kugeln erforderlich, die sich schneiden lassen, etwa aus Styropor (heißer Draht) oder aus Schaumstoff (Messer) – sie sind allerdings teuer. Einfacher ist es, Schülerinnen und Schülern bekannte Würfelnetze vorzugeben (**Aufgabe 1**). Sie sind mit einem Kopiergerät auf Bastelkarton zu vergrößern, auszuschneiden und zu verkleben. Setzt man gleiche Zellen zusammen, so wird die Unendlichkeit einer Kristallstruktur besonders anschaulich. Ausgehend davon baut sich jede Elementarzelle kubischer Symmetrie aus den folgenden Teilkugeln auf:

- **Halbkugeln** in den Flächenzentren des Würfels,
- **Viertelkugeln** auf den Würfelkanten,
- **Achtelkugeln** an den Würfelcken.

Formeln für Salzkristalle

Geht es für Salze lediglich um Zahlenverhältnisse der Ionen in Kristallen, so reicht die Regel aus, dass Anzahlen von positiven und negativen Ladungen gleich sein müssen, dass der Ionenverband elektrisch ausgeglichen ist. Zwei Beispiele: Al³⁺-Ionen und F⁻-Ionen müssen im Zahlenverhältnis 1 : 3 im Ionengitter verknüpft sein, Al³⁺-Ionen und O²⁻-Ionen im Zahlenverhältnis 2 : 3. So leiten sich folgende Formeln ab: (Al³⁺)₁(F⁻)₃ bzw. (Al³⁺)₂(O²⁻)₃ oder (Al)₁(F)₃ bzw. (Al)₂(O)₃ – noch einfacher AlF₃ bzw. Al₂O₃. In **Aufgabe 2** werden die Namen einiger Salze genannt, und es können die Formeln aus Ladungszahlen der Ionen abgeleitet werden.

Um zusätzlich Vorstellungen von der räumlichen Anordnung der Ionen zu entwickeln, wählt man Modelle oder Zeichnungen entsprechender Kugelpackungen, Raumgitter oder Elementarwürfel und Elementarzellen des Ionengitters: Aus letzteren lassen sich entsprechende Formeln ableiten (vgl. Abb. 1d). In **Aufgabe 3** werden Elementarkörper kubisch symmetrischer Salzkristalle vorgestellt, entsprechende Formeln sind abzuleiten. Man kann durch die bekannten Ladungszahlen der Ionen leicht die Richtigkeit der Formeln kontrollieren, weil positive und negative Ladungen elektrisch ausgeglichen sein müssen (vgl. Arbeitsblatt 2).

Um diese Ladungszahlen nicht auswendig lernen zu müssen, kann darüber mithilfe des Periodensystems informiert werden (vgl. [5], S. 22). Mithilfe des Periodensystems lassen sich auch Verknüpfungsregeln für passende Atom- und Ionensorten angeben ([1], [2]): Metall-Atome „links und links im PSE“ verknüpfen sich zu Metall- und Legierungskristallen, Nichtmetall-Atome „rechts und rechts im PSE“ verknüpfen sich zu Molekülen oder Atomgittern, Ionen „links und rechts im PSE“ verknüpfen sich zu Ionengittern bzw. zu Salzkristallen.

Aus den Atomen und Ionen als den Grundbausteinen der Materie lassen sich mithilfe der Verknüpfungsregeln gedanklich alle Substanzen unserer Welt „herstellen“ – jedenfalls erhält man grundsätzliche Vorstellungen davon, wie unsere Materie aufgebaut ist! Verwendet man solche Strukturmodelle nicht und vermittelt nur Summensymbole wie NaCl oder $MgCl_2$, so können sich erfahrungsgemäß Fehlvorstellungen bilden, die meist nicht zutreffende Na-Cl-Moleküle oder Cl-Mg-Cl-Moleküle zur Grundlage haben [5].

Chemie im Alltag

Sind angemessene Vorstellungen vom Aufbau vieler Substanzen wie Metallen, Salzen und flüchtigen Verbindungen aus Atomen, Ionen oder Molekülen vorhanden, können Schüler und Schülerinnen diese Vorstellungen auf viele chemische Vorgänge im Alltag übertragen und diese Vorgänge durch geeignete Modellvorstellungen beschreiben:

- Schmelzen oder Kristallisieren von Metallkristallen [6, S. 31]
- Verdunsten von Wasser einer Regenspütze [6, S. 28]
- Sieden und Kondensieren von Wasser [6, S. 31]
- Sublimation von Eis aus Wasserdampfhaltiger Luft (Reifbildung) [6, S. 31]
- Diffusion von Bromdampf und anderer geruchsintensiver Substanzen [6, S. 23]
- Reaktionen von Metallen zu Legierungen [3, S. 133]
- Reaktionen von Salzen zu Salzlösungen [2, S. 368] oder [6, S. 205]
- Reaktionen von sauren und alkalischen Lösungen [6, S. 208]
- Reaktionen von Wasserstoff mit Sauerstoff oder Chlor [2, S. 374]
- Verbrennung von Nichtmetallen, etwa von Kohle [6, S. 75] oder Phosphor [2, S. 374]
- Verbrennung von Kohlenwasserstoffen [6]
- Reaktionen organischer Substanzen [6].

Fazit

Allein durch Beobachten chemischer Reaktionen und Formulieren unanschaulicher Reaktionssymbole ist ein Verständnis der Chemie kaum oder gar nicht

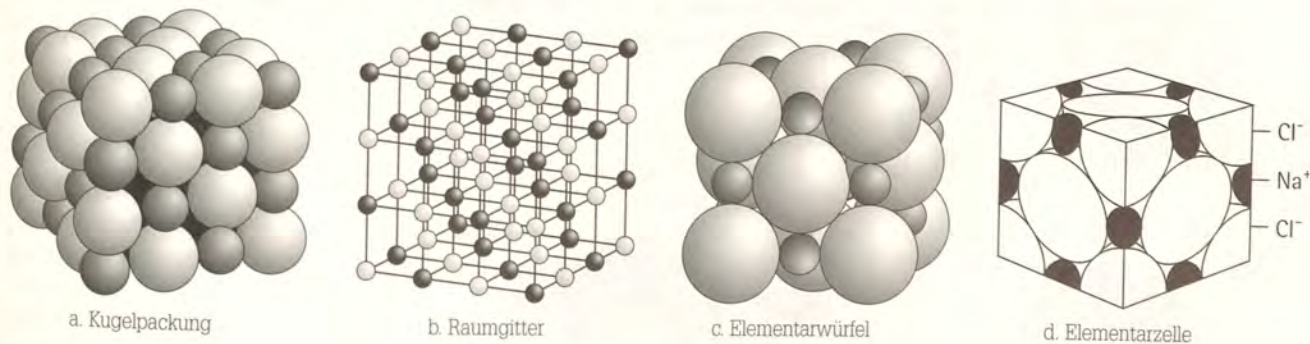
möglich. Vermittelt man den Schülerinnen und Schülern neben üblichen experimentellen Erfahrungen mit Substanzen auch Modellvorstellungen durch Modellbau und gedankliche Interpretation von Modellen, so kann ein Chemieverständnis entwickelt werden, das die anschauliche Deutung chemischer Vorgänge – auch aus Alltag und Lebenswelt – erfolgreich zulässt.

Literatur

- [1] Sauermann, D.; Barke, H.-D.: Chemie für Quereinsteiger. Bände 1–4 (Schüler). Münster 1997
- [2] Barke, H.-D.: Modelle und Modellvorstellungen, Konzeption des strukturorientierten Chemieunterrichts. In: Barke, H.-D.; Harsch, G.: Chemiedidaktik Heute (Springer). Heidelberg 2001
- [3] Barke, H.-D.; Wirbs, H.: Der strukturorientierte Weg zur Formelsprache. In: Freytag, K.; Thomas, E.: Handbuch des Chemieunterrichts, Band 3 (Aulis). Köln 2002
- [4] Barke, H.-D.: Max von Laue: ein Experiment verifiziert zwei große Theorien. In: Barke, H.-D.; Harsch, G.: Chemiedidaktik Heute (Springer). Heidelberg 2001
- [5] Barke, H.-D.; Selenski, T.; Sopandi, W.: Mineralwasser und Modellvorstellungen. PdN-ChiS 52 (2003), S. 15
- [6] Asselborn, W. u. a.: Chemie heute Sekundarbereich I (Schroedel). Hannover 2001

► Prof. Dr. Hans-Dieter Barke, Professor für Chemiedidaktik an der Universität Münster

Fliednerstraße 21, 48149 Münster ◀



a. Kugelpackung

b. Raumgitter

c. Elementarwürfel

d. Elementarzelle

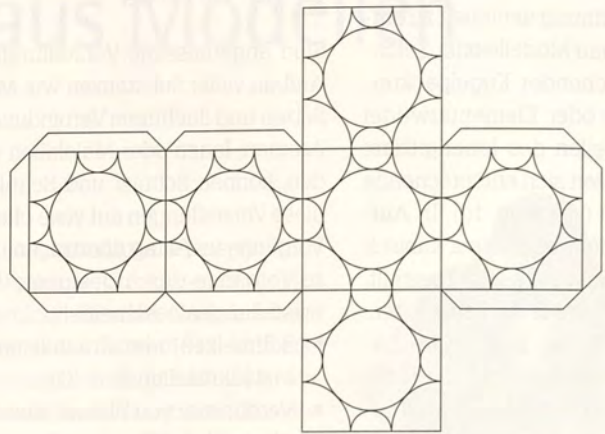
Abb. 1: Die Struktur eines Kochsalzkristalls

AUFGABEN

Formeln ableiten

▼ AUFGABE 1 Bau einer Elementarzelle

1. Vergrößere die Vorlage auf Bastelkarton und klebe die Elementarzelle zusammen.
2. Setze deine Zelle mit denen deiner Mitschüler zusammen und beobachte.
3. Füge gedanklich alle Kugelteile einer Elementarzelle zusammen. Wie viele Vollkugeln erhältst du?



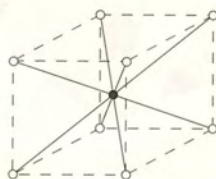
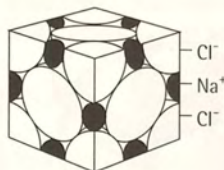
▼ AUFGABE 2 Ionengitterformeln ableiten

Notiere zugehörige Ionen und leite Formeln für die Ionengitter ab.

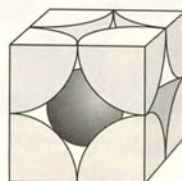
Name des Salzes	beteiligte Ionen	Zahlenverhältnis der Ionen	Summensymbol
Calciumfluorid	Ca^{2+} , F^-	$\{(\text{Ca}^{2+})_1 (\text{F}^-)_2\}$	Ca_1F_2
Calciumnitrid	Ca^{2+} , N^{3-}	$\{(\text{Ca}^{2+})_3 (\text{N}^{3-})_2\}$	Ca_3N_2
Bariumchlorid			
Magnesiumiodid			
Aluminiumoxid			
Natriumhydroxid	(OH^-)		
Magnesiumoxid			
Magnesiumnitrat	(NO_3^-)		
Natriumphosphat	(PO_4^{3-})		
Natriumhydrogencarbonat	(HCO_3^-)		

▼ AUFGABE 3 Salzkristallformeln ableiten

Stelle dir die zugehörigen Elementarzellen vor. Leite daraus die Formel für die Elementarzelle und damit für den Salzkristall ab.



○ Cl^- -Ion
● Cs^+ -Ion



Na^+ -Ionen

$$12 \times \frac{1}{4} = 3$$

$$1 \times \frac{1}{1} = 1$$

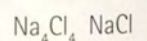
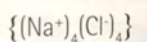
Summe 4

Cl^- -Ionen

$$6 \times \frac{1}{2} = 3$$

$$8 \times \frac{1}{8} = 1$$

Summe 4



Der tropische Regenwald

Eine Aufgaben-gestützte Modellierung von Stoffumsätzen

Von Lutz Stäudel

Der Augenschein bzw. das alltägliche Denken legen oft Schlüsse nahe, die genauer Überprüfung nicht standhalten. So mag man glauben, dass eine Elektroheizung besonders umweltfreundlich wäre, weil sie kein CO_2 produziert; sobald man aber die Betrachtungsweise vom Einzelphänomen zum System hin verändert, in das dieses Phänomen eingebettet ist, wird der Irrtum sichtbar: Bei der Erzeugung des notwendigen elektrischen Stroms (genauer: bei der Umwandlung von chemischer in elektrische Energie via thermische Energie) treten nicht nur hohe Verluste durch Restwärme auf, es entstehen notwendigerweise auch die entsprechenden Mengen CO_2 sowie weitere Abgase.

In welcher Weise man das entsprechende System modellieren muss, um zu einer gültigen Aussage zu gelangen, ist fallweise sehr verschieden. Manchmal, wie im Fall der nachfolgend beschriebenen Regenwald-Beispiels, reicht aber bereits eine einfache chemische Gleichung als Grundlage für eine Modellierung.

Der Gegenstand

Die Bedeutung der tropischen Regenwälder ist mit der Diskussion über Naturschutz, Umweltzerstörung und mit den Vorstellungen vom globalen Denken und lokalem Handeln immer mehr ins

Bewusstsein der Öffentlichkeit gelangt. Erwachsene wie Jugendliche nennen auf Nachfrage im Zusammenhang mit dem Regenwald spontan

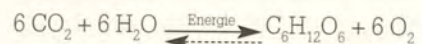
- Artenvielfalt
- Reservoir für Rohstoffe und Wirkstoffe
- Bedeutung für das Weltklima
- der Regenwald als wichtiger Sauerstofflieferant.

Das letztgenannte Argument kann mittels einer geeigneten Modellierung zumindest relativiert werden.

Erste Annäherung

Mit Schülerinnen und Schülern am Ende der Mittelstufe oder in der Oberstufe nähert man sich diesem nicht ganz einfachen Vorhaben am leichtesten mittels grafischer Veranschaulichungen, erarbeitet im gemeinsamen Unterrichtsgespräch. Die Aussage, dass der Regenwald Sauerstoff liefert, wird in ein Schema

ähnlich der **Abbildung 1** umgesetzt. Mit der Frage „Was brauchen die grünen Pflanzen, damit sie Sauerstoff produzieren können?“ aktiviert man das Vorwissen über die Fotosynthese. Entsprechend ergänzt entsteht **Abbildung 2**. Schülerinnen und Schüler nennen an dieser Stelle regelmäßig die Sonne als Energielieferantin für die Fotosynthese wie auch die Aufnahme von CO_2 aus der Luft. Eher selten kommt von Schülerseite hier bereits die Fotosynthesegleichung, jedoch wird sie auf Nachfrage durch die Lehrkraft meist rasch erinnert und kann an der Tafel reproduziert werden:



Anhand der ausformulierten Reaktionsgleichung werden die vorherigen Aussagen über die Vorgänge in den grünen Pflanzen vervollständigt:

- Es wird zusätzlich Wasser benötigt
- Kohlenhydrate entstehen.

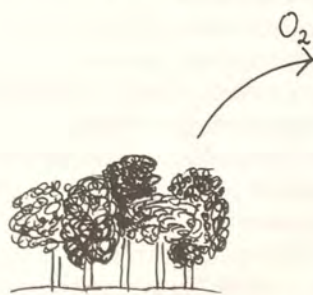


Abb. 1: Der Regenwald als Sauerstofflieferant

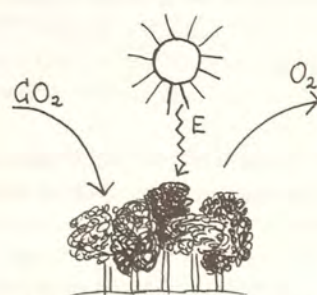


Abb. 2: Erweiterung der ersten Aussage

Die Aufgabe

Bezugnehmend auf die Ausgangsfrage erläutert die Lehrkraft, dass man mithilfe der Fotosynthese Gleichung gewissermaßen den Regenwald als Ganzes, als System, beschreiben kann und dass aus der chemischen Gleichung weitgehende Schlussfolgerungen gezogen werden können. Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler entsprechende Schlussfolgerungen in Partner- bzw. Gruppenarbeit (je nach Bedingungen der Lerngruppe, Klassenstärke etc.) selbst erarbeiten. Sie erhalten dazu, neben der Fotosynthese Gleichung, folgenden schriftlichen Arbeitsauftrag: „Entwickelt für die Fotosynthese im Regenwald ein vollständiges Schema unter Berücksichtigung der bekannten Fotosynthese Gleichung. Stellt euer Ergebnis anschließend vor der Klasse vor.“

Die Ergebnisse entsprechen meist den Erwartungen (Abb. 3). Unterschiede gibt es hauptsächlich bei der grafischen Ausgestaltung. Eine interessante Diskussion entspinnt sich möglicherweise um die

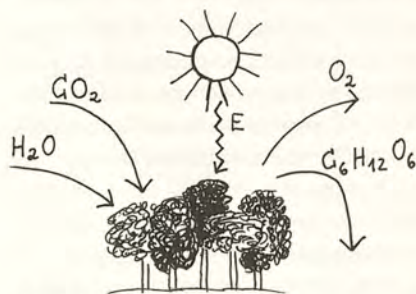


Abb. 3: Vervollständigung der ersten Aussage

Frage, ob das benötigte Wasser vollständig aus „der Luft“ kommt oder ob man den Boden als Zwischenspeicher berücksichtigen müsse. Ebenfalls Gesprächsanlass bietet die Frage, ob „ $C_6H_{12}O_6$ “ eine angemessene Darstellungsform des Fotosyntheseproduktes darstellt. Für das Primärprodukt ist die Charakterisierung als Zucker jedoch sicher passend, wenn man dabei die vielfältigen Formen mit bedenkt, die Ergebnis weiterer Umwandlungen in den Pflanzen sind, insbesondere Stärke und Zellulose als Hauptprodukte.

In verallgemeinerter Form kann das Schema auch aussehen wie in **Abbildung 4** dargestellt.

Bevor man mit diesem Schema und dem Arbeitstext (s. Kasten) weiter arbeitet, ist es unbedingt erforderlich, (sich



Abb. 4: Schema für die Fotosynthese im Regenwald

und) der Klasse die Ausgangsfrage wieder ins Gedächtnis zu rufen, nämlich, inwiefern „der Regenwald“ zur Sauerstoffversorgung der Erde beiträgt.

Arbeiten mit dem Modell

Da das Schema mittels einer chemischen Gleichung erstellt wurde, lassen sich unmittelbar stoffliche Zusammenhänge und auch Massenverhältnisse daraus ableiten. Insbesondere kann man die Menge des gebildeten Sauerstoffs in Beziehung setzen zur entstandenen Biomasse:

Für jedes Molekül Zucker entstehen genau 6 Sauerstoffmoleküle. Wenn es demnach gelingt, die Biomassenproduktion (für eine bestimmte Einheitsfläche) des Regenwaldes abzuschätzen, dann kann man auch eine Aussage über seine Rolle als Sauerstoffproduzenten machen.

Schülerinnen und Schüler erhalten jetzt den Arbeitstext zum Regenwald (s. **Arbeitsblatt 1**) mit der Maßgabe, aus diesem Text Informationen über die Biomassenbilanz zu gewinnen. Je nach Jahrgangsstufe können mehr oder weniger detaillierte Leitfragen zur Textbearbeitung gestellt werden.

Der Aufgabentext für diese Phase kann z. B. lauten:

„Die Sauerstoffproduktion von grünen Pflanzen lässt sich abschätzen, wenn man weiß, wie viel Biomasse bei der Fotosynthese entsteht. Entscheidet auf dieser Basis, ob die Vermutung 'der Regenwald ist ein Netto-Sauerstoff-Produzent' zutrifft. Arbeitet dazu den Info-Text zum Regenwald durch.“

Als Arbeitsform bietet sich eine Art Expertenpuzzle an, bei dem nach erfolgter Durcharbeitung des Textes zunächst Zweiergruppen, dann Vierergruppen und ggf. Achtergruppen gebildet werden, die schließlich eine gemeinsame Aussage formulieren und vorstellen können. Dieses Verfahren hat sich bei ähnlich schwierigen Fragestellungen gut bewährt, da die Lernenden zunächst im Dialog das

unerwartete Ergebnis diskutieren und etwaige Zweifel ausräumen können. In der größeren Gruppe kann dann eine prägnante Aussage entwickelt werden, die den noch existierenden Gegenargumenten standhält.

Im folgenden Unterrichtsgespräch werden die Ergebnisse zusammengetragen:

- Die Sauerstoff-Produktion ist gekoppelt mit dem Biomasse-Zuwachs.
- Im Regenwald bleibt die Biomasse in der Summe mehr oder weniger konstant. Ursache dafür ist ein begrenztes Angebot an Mineralstoffen.
- Absterbende Biomasse wird schnell wieder abgebaut und zersetzt, also im Endeffekt mineralisiert. Die wieder verfügbaren Mineralstoffe werden beim Aufbau neuer Biomasse „aufgezehrt“.
- Bei diesem Abbau wird in der Summe etwa so viel Sauerstoff „verbraucht“ wie zuvor parallel zur Biomassebildung freigesetzt worden ist.
- Der Regenwald ist somit kein Netto-Sauerstoff-Produzent!

Zur Unterstützung der These, dass beim Abbau von Biomasse insgesamt ebenso viel Sauerstoff verbraucht wird, wie beim Aufbau entsteht, kann man die Fotosynthese-Gleichung rückwärts als Verbrennungs-Gleichung interpretieren.

Auch dieser Schritt ist keineswegs selbstverständlich. Insbesondere werden naturwissenschaftlich bewanderte Schülerinnen und Schüler hier einwenden, dass es ja auch einen anaeroben Abbau (etwa in Kläranlagen und bei Faulungsprozessen) gäbe. Auch hier hilft die Anwendung der systemischen Betrachtung, die den Blick auf die Gesamtprozesse ermöglicht (etwa: als Produkt anaerober Prozesse entsteht – wie bei aeroben – z. B. Biomasse in Form von Bakterien, nach deren Absterben geht diese Biomasse in den aeroben Abbau ein usw.). Die einzig bekannten Senken für Kohlenstoffverbindungen sind die erdgeschichtliche Bildung von Erdöl, Erdgas und Kohle, sowie die Bildung von Carbo-

Methodische Alternative

In Oberstufenkursen und in Mittelstufenklassen, in denen die Formen naturwissenschaftlichen Arbeitens bereits über längere Zeit thematisiert worden sind, kann man den Schülerinnen und Schülern gegebenenfalls einen größeren Teil des Modellierungsprozesses überantworten. Diese alternative Vorgehensweise soll hier nur stichpunktartig skizziert werden:

- Vergewisserung über die Ausgangsfrage „Ist der tropische Regenwald ein Netto-Sauerstoff-Produzent?“
- Wenn man die Sauerstoffproduktion eines so großen Gebietes nicht „messen“ kann, welche anderen Möglichkeiten zur Abschätzung stehen zur Verfügung?

Für die anschließende Arbeit in Gruppen wird eine Aufgabe mit gestuften Lernhilfen ausgegeben.

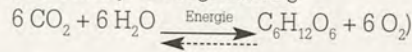
Arbeitsauftrag

Entwickelt ein Modell für die Sauerstoffproduktion des tropischen Regenwaldes, aus dem man eine Aussage ableiten kann, ob er mehr verbraucht als produziert oder umgekehrt.

Hilfe 1

Welches ist die zentrale Reaktion, bei der Sauerstoff in einem Wald gebildet wird? Wie lautet die zugehörige (chemische) Gleichung?

(L 1: Fotosynthese Gleichung)



Hilfe 2

Wandle die Fotosynthese Gleichung in ein Schema um!

(L 2: siehe Schema 4)

Hilfe 3

Was weißt du über den massenmäßigen Zusammenhang der Edukte und der Produkte?

Hilfe 4

In welchem Verhältnis entstehen $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ und O_2 ; wie kann man also die Sauerstoffmenge indirekt messen?

Mit dem erhaltenen und diskutierten Schema fährt man dann fort wie oben beschrieben.

naten wie Muschelkalk, die aber für die aktuelle Betrachtung keine Rolle spielen.

Abschließend und zur Sicherung des Erarbeiteten kann man den Schülerinnen und Schülern als Hausaufgabe aufgeben, ein revidiertes Schema für die Fotosynthese-Vorgänge des Regenwaldes zu erstellen. Die wichtigste Erfahrung, die sie dabei machen, ist, dass die Regenwälder zwar keine Netto-Produzenten von Sauerstoff oder Biomasse sind, dass sie aber sehr wohl eingebettet sind in den globalen Stoffwechsel zwischen Atmosphäre und Biosphäre, dessen Motor die Sonne ist (Abb. 5).

Relativierungen

Nicht alle Regenwälder wachsen auf extrem nährstoffarmen Böden. Die hier abgeleiteten Aussagen treffen nur für Regenwälder ähnlich dem amazonischen zu. Auch bei der Bewertung des erlangten Ergebnisses muss man differenzieren: Die Tatsache, dass Regenwälder keine Netto-Sauerstoffproduzenten sind, sprechen nicht dafür, dass man dem gegenwärtigen Raubbau tatenlos zusehen sollte. Abgesehen von ihrer Bedeutung als Klimaregulatoren und als artenreiche Biotope ist ihre Existenz auch eindeutig mit

dem globalen Kohlenstoff/Kohlenstoffdioxid-Kreislauf verknüpft: Immerhin ist in ihrer Biomasse ein großer Teil des atmosphärischen CO_2 sozusagen stillgelegt. Würde man sie abholzen und verbrennen, dann hätte dies einen weiteren erheblichen Anstieg der atmosphärischen CO_2 -Konzentration zur Folge und eine massive Verstärkung des Treibhaus-Effektes.

Literatur

- Stäudel, L.; Werber, B.; Freiman, T.: Lernbox – Naturwissenschaften verstehen & anwenden, Seelze 2002, Kap. Modellieren, S. 82 ff.
Freiman, T.: Bienenanzucht – Abgestufte Lernhilfen unterstützen die Individualisierung. In: H. Ball u. a. (Hrsg.): Aufgaben – Lernen fördern – Selbstständigkeit entwickeln. Friedrich Jahresheft 2003, S. 96–99
Leisen, J. u. a. (Hrsg.): Methodenhandbuch des DFU, Bonn 1999
Ders.: Wider das Frage- und Antwortspiel. In: H. Ball u. a. (Hrsg.): Aufgaben – Lernen fördern Selbstständigkeit entwickeln. Friedrich Jahresheft 2003, S. 116–118

► Dr. Lutz Stäudel, wiss. Mitarbeiter in der Chemiedidaktik an der Universität Kassel
lutzs@uni-kassel.de

Uni GH Kassel, FB 18 Did. d. Chemie,
Heinrich-Plett-Str. 40, 34109 Kassel ◀

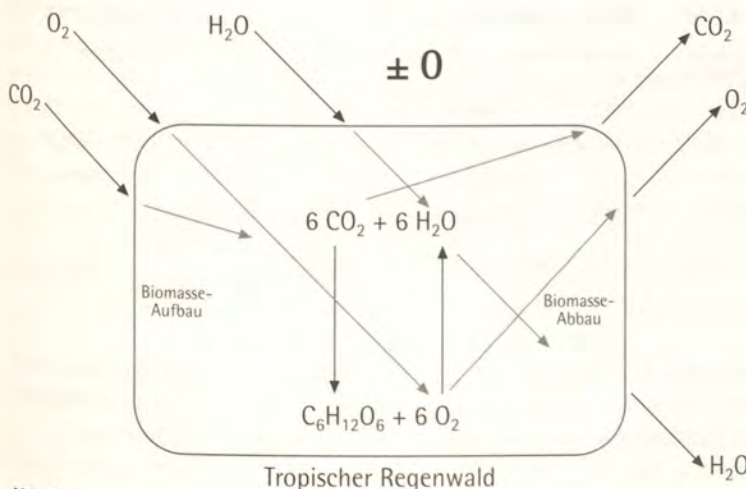


Abb. 5:

Das Rätsel der Regenwaldböden



Foto: Picture Press

Wenn man im Amazonaswald mit dem Fuß die dünne Blatterschicht am Boden beiseite scharrt, so kommt schwarzer Humus zum Vorschein, der nur ein paar Zentimeter tief reicht. Gleich darunter ist eine bleiche, gelbliche oder rötliche Erde zu sehen, die von Wurzeln und Pilzfäden durchzogen ist. Wäre nicht alles so feucht und modrig, entstünde der Eindruck, der Boden bestehe aus Sand. Was ist das für ein Boden, der so karg aussieht und doch die gewaltigsten Wälder trägt?

Viele Regenwaldböden, besonders die südamerikanischen, sind – für sich betrachtet – nahezu unfruchtbar. Die Sand- und Kaolinitböden sind fast mineralstofffrei, da die Mineralien während der seit Jahrmillionen fortschreitenden Verwitterung ausgewaschen wurden. Artenreichtum und die Vielfalt des Lebens ist kein Ergebnis fruchtbarer Böden, sondern haben zu tun mit einem fast geschlossenen Nährstoffkreislauf. Fällt im Tropischen Regenwald ein abgestorbenes Blatt oder ein Ast auf den Boden,

so wird es sofort von sogenannten Mykorrhizapilzen befallen, die aus ihm alle Nährstoffe herausfiltern. Die Pilze hängen an Baumwurzeln und geben die gewonnenen Nährstoffe an die Bäume weiter. Vom Blatt selbst bleibt kein Humus zurück. So befinden sich fast alle Nährstoffe ständig in den lebenden Pflanzen, nur eine winzige Menge ist in der Bodenschicht enthalten.

Die Verluste, die trotz allem auftreten, werden durch den Regen ausgeglichen. Messungen an den Bächen, die den Wald verlassen, ergaben, dass ihr Wasser unglaublich rein ist, fast so rein wie destilliertes Wasser. Die unzähligen Pflanzenarten, die der Wald hervorgebracht hat, helfen alle mit, möglichst viele Mineralstoffe (wie Calcium, Kalium, Phosphor ...) aus dem Regen zu filtern.

Die Vielzahl der Arten ist also die Antwort der Natur auf die Knappheit der Ressourcen. Nicht trotz der Nährstoffarmut gibt es im Regenwald so viele Arten, sondern gerade wegen ihr!

Verändert nach: <http://www.umsu.de/regaus/>

(Der ursprüngliche Text war Teil einer Ausstellung am Gymnasium Leutkirch i. Allgäu 1992, überarbeitet vom Arbeitskreis Nord-Süd der KHG Oldenburg 1998.)

Siedetemperatur und Erfrischungstücher

Lernen mit naturwissenschaftlichen Beispielaufgaben

Von Werner Pöpping und Insa Melle

Die Wirksamkeit des Lernens mit naturwissenschaftlichen Beispielaufgaben ist zwar in der nationalen und internationalen Literatur mehrfach belegt worden [1, 2], es stehen aber praktisch keine Unterrichtsmaterialien für den Chemieunterricht zur Verfügung. In der im Folgenden beschriebenen Unterrichtseinheit wurde die Einsetzbarkeit dieses Aufgabentyps im Chemieunterricht der elften Jahrgangsstufe erprobt und deren Effektivität untersucht. Das Thema „Siedetemperaturen organischer Verbindungen“ eignet sich besonders zur Bearbeitung einer erläuterten Beispielaufgabe, da sich einerseits mehrere vergleichbare Aufgaben mit Anwendungsbezug formulieren lassen und sich andererseits mit diesem Thema ein Sachverhalt von grundlegender fachlicher Bedeutung – wie in diesem Fall die Struktur-Eigenschaftsbeziehung – behandeln lässt.

Was sind erläuterte Beispiellösungen?

Den Lernenden wird eine Beispiellösung einer vorher gestellten Aufgabe präsentiert.

Sie werden dann aufgefordert, jeden einzelnen Schritt in der Argumentation dieser vorgegebenen Beispiellösung nachzuvollziehen bzw. sich selbst zu erklären. Der Lösungstext ist gewissermaßen eine Aufgabe, die selbstständig zu bearbeiten ist. Das Bearbeiten der Beispiellösung bedeutet letztlich also auch eine problemorientierte Lernhaltung.

Was soll mit erläuterten Beispiellösungen erreicht werden?

Die Eigenaktivität wird gefördert, und eine gezielte Förderung wird möglich:

Die Beispiellösung erklärt sich von selbst, so dass alle Schülerinnen und Schüler die Aufgabe selbstständig bearbeiten können. Die Lehrperson hat deshalb während der Bearbeitung die Möglichkeit, leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern gezielt zu helfen.

Problemlösestrategien werden vermittelt: In den deutschen Schulbüchern gibt es zwar eine Reihe von Aufgaben im Anschluss an ein behandeltes Thema, die das Verständnis des behandelten

Unterrichtsstoffes sicherstellen sollen, es wird meistens aber keinerlei Hilfestellung zur Lösung solcher Aufgaben gegeben. Den Schülerinnen und Schülern wird folglich kaum Methodenkompetenz zum Lösen von Aufgaben vermittelt. Zudem sind die Anforderungen zur Lösung dieser Schulbuchaufgaben von Aufgabe zu Aufgabe stark variierend. Eine Ursache liegt sicherlich darin begründet, dass es im Chemieunterricht, z. B. im Gegensatz zum Mathematikunterricht, schwieriger ist, die Aufgabenbedingungen hinreichend ähnlich zu gestalten, da eine leicht veränderte Aufgabensituation zumeist eine deutliche Veränderung des Lösungswegs bewirkt. Somit besteht das Problem, dass die Schülerinnen und Schüler durch die stark variierenden Aufgaben nur wenig Sicherheit im Bearbeiten naturwissenschaftlicher Aufgabenstellungen erlangen und ihnen somit nur selten Erfolgserlebnisse ermöglicht werden, was für die Motivation bei der Aufgabenbearbeitung sehr wichtig ist. Bei den Beispiellösungen erhalten die Schülerinnen und Schüler immer auch die Lösungsstrategie mitgeliefert, die sie sich erschließen müssen und schließlich anhand einer ähnlichen Aufgabe anwenden können.

Eine vollständige Lösung wird präsentiert: Erhalten Schülerinnen und Schüler eine komplexere Aufgabe, bei der sie mehrere Teillösungen erarbeiten und diese dann zu einer Gesamtlösung zusammenfassen müssen, so geben gerade schwächere Schülerinnen und Schüler sich oft schon mit einzelnen Teillösungen zufrieden. Sei es, dass sie z. B. bei dem Vergleich von Siedetemperaturen zweier Verbindungen nur die Van-der-Waals-Kräfte vergleichen und die Was-

serstoffbrückenbindungen nicht betrachten. Die erläuterte Beispiellösung präsentiert im Gegensatz dazu eine vollständige Lösung. Die Lernenden erhalten die Möglichkeit, zumindest einmal alle Teillösungen und die Gewichtung der Teillösung für die Gesamtlösung bearbeitet zu sehen.

Das Textverständnis wird gefördert:

Die Bearbeitung der erläuterten Beispiellösung fordert und fördert eine intensive Auseinandersetzung mit Texten, da die Schülerinnen und Schüler zum einen aufgefordert sind, den Beispieltext in Beziehung zur Aufgabenstellung zu erfassen und zum anderen den Beispieltext auch noch in Beziehung zu den anschließenden Fragen zu bearbeiten („verständnisfördernde Fragen“, s. u.).

Welche Probleme treten bei der Bearbeitung auf?

Das Problem des oberflächlichen Lesens:

Renkl sieht das Problem, dass „Lernende dazu neigen, Beispiele nur oberflächlich zu lesen. Dies ist deshalb problematisch, da es sich erwiesen hat, dass das Lernen aus Lösungsbeispielen nur dann fruchtbar ist, wenn die Schülerinnen und Schüler aktiv so genannte Selbsterklärungen vornehmen“ [3]. Auch Häußler erwähnt die Rolle der so genannten „aktiven Lernhaltung“: „Wer sich nicht das Ziel gesetzt hat, sich mit dem Beispiel intensiv zu beschäftigen, wird den Text (bzw. die Beispiellösung) einfach lesen und nicht versuchen, ihn zu elaborieren“ [4].

Das Problem des mechanischen Übertragens:

Des Weiteren wurde bei der Bearbeitung dieses Aufgabentyps beobachtet, dass eine Beispiellösung direkt auf ein ähnliches Problem übertragen wird und somit durch das Ausführen analoger Schritte Probleme scheinbar gelöst werden können, ohne sie wirklich verstanden zu haben [3]. Diese Schwierigkeit sieht auch Kroß, sie beobachtete, dass „sehr ähnliche Probleme lediglich durch mechanisches Übertragen der vorgegebenen Lösungsschritte bewältigt werden, ohne dass das dahinter stehende Prinzip auch verstanden wurde. Geringe Flexibilität in der Anpassung der Lösung an spezifische Problemsituationen, Verstehensillusionen und letztlich fehlerhafte Lösungen sind die Folge“ [5].

Wie lassen sich die Probleme vermeiden bzw. vermindern?

Verständnisfördernde Fragen zu der erläuterten Lösung:

Um den Problemen des „mechanischen Übertragens“ und des „oberflächlichen Lesens“ zu begegnen und gleichzeitig der Lehrkraft eine einfache Möglichkeit zur Überprüfung der Verstehensprozesse an die Hand zu geben, wurden in der beschriebenen Unterrichtsreihe jeweils Fragen zur Beispiellösung formuliert, die die Lernenden auffordern, den Text nicht nur oberflächlich durchzulesen, sondern ihn Schritt für Schritt durchzuarbeiten. Bei diesen Fragen zur Beispiellösung muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Reorganisierung des Wissens durch die Schülerinnen und Schüler nicht allzu sehr als neue Aufgabenstellung bzw. Lernaufgabe empfunden wird.

Ein Unterrichtsbeispiel

Voraussetzungen: Ursache für Siedetemperaturen sind die zwischenmolekularen Kräfte (Van-der-Waals-Kräfte, Dipol-Dipol-Kräfte und Wasserstoffbrückenbindungen). Diese müssen vor dem Einsatz der erläuterten Beispiellösungen erarbeitet werden.

Bearbeitung und Anwendung: Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten eine erläuterte Beispielaufgabe zur Siedepunktthematik (**Arbeitsblatt 1**). Durch die Bearbeitung sichern sie ihr Wissen zu den Wechselwirkungskräften und bekommen eine Anleitung, wie sie einen solchen Aufgabentyp vollständig lösen können. In einem weiteren Übungsschritt erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Anwendungsaufgabe zur Thematik der Erfrischungstücher (**Arbeitsblatt 2**), in der sie in Einzelarbeit überprüfen können, ob sie den erarbeiteten Stoff verstanden haben, indem sie eine Aufgabe zur Siedepunktthematik eigenständig bearbeiten (Dauer: ca. drei Unterrichtsstunden).

Erfahrungsbericht

Die beschriebene Unterrichtseinheit wurde in zwei Klassen der Jahrgangsstufe 11 in einem Berufskolleg erprobt. Dabei wurde in einer Gruppe die erläuterte

Beispiellösung eingesetzt, in der Vergleichsgruppe wurde die gleiche Aufgabe im Klassenverband bearbeitet. Anschließend wurde in beiden Klassen die Anwendungsaufgabe zum Thema „Erfrischungstücher“ gestellt. Diese wurde in Einzelarbeit bearbeitet. Viele Schülerinnen und Schüler, welche die erläuterte Beispiellösung bearbeitet hatten, übernahmen Teile des Bearbeitungswegs der Beispiellösung, was in diesem Fall erfreulich war. Es konnte wie bei vergleichbaren Untersuchungen in anderen Fächern [1] ein verbessertes Ergebnis der Gruppe mit erläuterter Beispiellösung (durchschnittlich wurden 69 % der maximal möglichen Punkte erreicht) gegenüber der Vergleichsgruppe (durchschnittlich 58 %) festgestellt werden. Aufgrund der geringen Stichprobengröße können und sollten diese Zahlenwerte jedoch nur als ein erster Hinweis gewertet werden.

Literatur

- [1] Renkl, A.: Lernen aus Lösungsbeispielen; Zeitschrift für päd. Psychologie 2 (2003) 17; S. 94–101
- [2] Chi, M. T. B.; De Leeuw, N.; Chiu, M.-H.; La Vanher, C.: Eliciting self-explanations improves understanding *Cognitive Science* (1994) 18, S. 439–477
- [3] Renkl, A.; Schworn, A.: Lernen mit Lösungsbeispielen. *Mathematik lehren* (2000) Heft 109, S. 20–31
- [4] Häußler, P.; Lind, G.: Aufgabenkultur – Was ist das? *PdN-Physik 4* (2000) Nr. 49, S. 2–10
- [5] Kroß, A.; Lind, G.: Lernen in Beispielaufgaben in Biologie und Physik. *MNU 54* (2001) 8, S. 491–496

► Werner Pöpping, Lehrer für Chemie, Physik, Mathematik und Literatur, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Did. d. Chemie II an der Universität Dortmund
Werner.Poepping@web.de

Prof. Dr. Insa Melle, Inhaberin des Lehrstuhls für Did. d. Chemie II an der Universität Dortmund
insa.melle@uni-dortmund.de

Gemeinsame Anschrift:
Universität Dortmund, Fachbereich Chemie,
Postfach 500 500, 44221 Dortmund ◀

Das ideale Kühlmittel für ein Erfrischungstuch

Wasser (H_2O) ist ein herrliches Erfrischungsmittel. Man kann es trinken oder sich über den Körper laufen lassen. Im letztgenannten Fall beruht der kühlende Effekt darauf, dass eine große Energiemenge (die Verdampfungsenergie) notwendig ist, um Wasser vom flüssigen in den gasförmigen Zustand zu bringen. Diese große Energiemenge wird unserem Körper entzogen, wodurch er gekühlt wird. Aus dem gleichen Grund reagiert auch unserer Körper mit zusätzlicher wässriger Schweißbildung, wenn ihm zu heiß wird. Der Schweiß verdunstet, und der Mensch wird dadurch gekühlt.

In so genannten Erfrischungstüchern ist aber kein Wasser enthalten, sondern ein anderer Stoff. Man kann vereinfacht annehmen, dass ein Stoff umso besser kühlt, je geringer seine Siedetemperatur ist. Denn je eher eine Flüssigkeit siedet, desto schneller kann sie dem Körper die Verdampfungsenergie entziehen. Natürlich muss das Kühlmittel in Erfrischungstüchern auch möglichst ungiftig sein, damit es zu keiner Schädigung des Körpers kommt.

▼ AUFGABEN

Man könnte überlegen, die Stoffe Diethylether (Strukturformel s. u.) Isopropanol (2-Propanol) und Diethylenglykol (Strukturformel s. u.) in Erfrischungstüchern einzusetzen.

- Zeichnen Sie zunächst die Strukturformel von Isopropanol (2-Propanol).
- Machen Sie eine ausführlich begründete Voraussage über die Siedetemperatur der drei Stoffe im Vergleich zu Wasser nach dem Muster der erläuternden Beispiellösung.
- Vergleichen Sie die Gefahrensätze der drei Stoffe aus Tabelle 1 und beurteilen Sie abschließend die Verwendung der Stoffe in Erfrischungstüchern.

Name	Gefahrensätze	Strukturformel
Diethylether	R: 12-19-22-66-67	$ \begin{array}{ccccccc} & H & H & & H & H & \\ & & & & & & \\ H & - C & - C & - O & - C & - C & - H \\ & & & & & & \\ & H & H & & H & H & \end{array} $
Isopropanol (2-Propanol)	R: 11-36-67	
Diethylenglykol (2,2-Dihydroxydiethylether)	R: 22	$ \begin{array}{ccccccc} & H & H & & H & H & \\ & & & & & & \\ HO & - C & - C & - O & - C & - C & - OH \\ & & & & & & \\ & H & H & & H & H & \end{array} $

Quelle: Merck (2003)

▼ ERGEBNIS

Diethylether besitzt zwar eine sehr niedrige Siedetemperatur, sollte aber aufgrund der damit verbundenen Gefahren nicht verwendet werden. Diethylenglykol scheidet aufgrund der zu hohen Siedetemperatur aus. Es bleibt folglich Isopropanol übrig, welches eine niedrigere Siedetemperatur als Wasser besitzt und nicht gesundheitsschädlich ist.

▼ ERGÄNZENDE ANGABEN

Diethylether: Siedetemperatur 34,6 °C;

R 12-19-22-66-67: hochentzündlich – kann explosionsfähige Peroxide bilden – gesundheitsschädlich beim Verschlucken – wiederholter Kontakt kann zu spröder oder risiger Haut führen – Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Isopropanol: Siedetemperatur 82,4 °C; R 11-36-67;

leichtentzündlich – reizt die Augen – Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Diethylenglykol (2,2-Dihydroxydiethylether): Siedetemperatur 244 – 252 °C; R 22: gesundheitsschädlich beim Verschlucken.

Aufgaben nach PISA? – Aufgaben vor PISA!

Von Lutz Stäudel

PISA hat bekanntlich normativen Charakter entwickelt: wir sprechen heute von *scientific literacy*, wenn es um das globale Bildungsziel von naturwissenschaftlichem Unterricht in der Mittelstufe geht, wir unterscheiden Kompetenzen verschiedenster Art, von der Fähigkeit, Evidenzurteile zu fällen, bis hin zur Kommunikation naturwissenschaftlicher Ergebnisse, wir beurteilen Anforderungen nach 4 oder 5 Kompetenzniveaus, und natürlich nehmen wir uns ein Beispiel an den (wenigen bekannten) bei PISA eingesetzten Aufgaben und versuchen, die dort verwendeten Formate nach Möglichkeit selbst im Unterricht zu verwenden. Welcher Art diese Formate sind lässt sich am Beispiel der „Unit Ozon“ [1] schnell erkennen (s. **Kasten**, S. 94).

Es wird also ein Kontext entfaltet, mehr oder weniger detailreich, und anschließend werden dazu Fragen gestellt, die unterschiedliche Schwierigkeitsgrade aufweisen und teilweise sehr unterschiedliche Kompetenzen zur Bearbeitung erfordern. Verständnis rangiert dabei deutlich vor Faktenwissen.

Auch wenn man einräumt, dass Aufgaben heute im Chemieunterricht eine nur periphere Rolle spielen, so darf man dennoch kritisch nachfragen, ob dieses Format wirklich so neu ist, oder ob es nicht schon früher Ansätze in ähnlicher Richtung gab. Der Blick auf einige historische Stationen des letzten Jahrhunderts

bzw. in charakteristische Chemiebücher verschiedener Zeiten kann ansatzweise Aufklärung geben.

Chemie-Aufgaben im 2. Weltkrieg

Ein weit verbreitetes Schulbuch, das im Kriegsjahr 1940 seine dritte Auflage erlebte, war das „Lehrbuch der Chemie“ von Scheid und Flörke [2]. Jedes Kapitel der zweiteiligen Ausgabe schließt mit einer Zusammenstellung von Aufgaben, die ganz offensichtlich zur Überprüfung des Verständnisses des neuen Stoffs gedacht sind. So findet man am Ende eines längeren Abschnitts zur „Chemie der Lösungen“ [S. 79–92], in dem u. a. osmotische Erscheinungen und die Spannungsreihe behandelt werden, die Fragen:

„1. Rote Blutkörperchen platzen in destilliertem Wasser. In physiologischer Kochsalzlösung (0,75%) bleiben sie erhalten. Erklärung? Berechne aus der Konzentration der physiologischen Kochsalzlösung den ungefähren osmotischen Druck der Blutflüssigkeit!“

Die anschließende Aufgabe würde man heute als typisch für das Literacy-Konzept betrachten:

„2. Stelle die Tabellen (**Abb. 1**) grafisch dar und erläutere die erhaltenen Kurven!“

Auch die Modellierungsfähigkeit wird ansatzweise herausgefordert, wenn es heißt:

„10. Ermittle die von einer Taschenlampenbatterie gelieferte elektrische Energie aus der aufgedruckten Brenndauer und Spannung und der auf dem Sockel der Glühbirne angegebenen Stromstärke! Rechne in das Wärmemaß um und vergleiche den Preis der gelieferten Energie mit dem Preis einer gleichen Menge, die aus Kohle erhalten wird!“

Natürlich bleiben auch die Zeitumstände, Krieg und Rohstoffknappheit, nicht ohne Auswirkungen auf den Zugschnitt der Frage-Kontexte; es finden sich Bezüge zu Munition, Gasmasken, Geschossweiten und anderem mehr. Die zahlreichen entsprechenden Aufgaben lauten z. B. so:

„Sammele im täglichen Leben Beobachtungen über die Einsparung devisa-belasteter Metalle durch Austauschwerkstoffe! Was ist über ihre Bewährung bekannt geworden? Kennst du Beispiele von Materialverschwendung?“ [S. 162]

„Berechne nach den Angaben des Abschnitts 160 den Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt der Schutzraumluft nach 2 Stunden, wenn in dem Raum 4 cbm Luft je Person verfügbar sind!“ [S. 198]

„Warum sollen gasförmige Kampfstoffe hohes Molekulargewicht haben? Wie verändert sich das Gewicht der Luft, wenn ihr Gaskampfstoffe in feldmäßiger Konzentration (z. B. Phosgen 50 mg/cbm) beigemischt werden?“ [ebenda]

Die 60er Jahre: Wendung zur Allgemeinen Chemie

Die Chemieschulbücher der Nachkriegszeit waren überwiegend an einem Konzept ausgerichtet, das als „Chemie der Stoffe“ bezeichnet werden könnte. Politisch verfängliche Kontexte wie bei

Osmotischer Druck (p) und absolute Temperatur (T) einer 1%-igen Zuckrlösung					
T	279,8	287,2	288,5	295,0	309,0
p (at)	0,664	0,671	0,684	0,721	0,746
$p : T$	$237 \cdot 10^{-6}$	$234 \cdot 10^{-6}$	$237 \cdot 10^{-6}$	$244 \cdot 10^{-6}$	$241 \cdot 10^{-6}$

Osmotischer Druck (p) und Konzentration (c) von Zuckrlösungen					
c (mol/l)	0,1	0,2	0,5	0,5	0,8
p (at)	2,44	4,80	7,23	12,08	19,07
$p : c$	24,4	24,0	24,1	24,1	23,08

Abb. 1: Tabellen aus einem Schulbuch im Jahr 1944



Foto: dpa

Abb. 3: Die Themen Umwelt und Technik hatten in den 70er Jahren als Erarbeitungskontexte große Bedeutung

den Vorläufern aus den Kriegsjahren vermied man peinlichst, Aufgaben spielten in ihrer didaktischen Konzeption eine deutlich geringere Rolle. Erst mit der Wendung zur Allgemeinen Chemie, deren herausragendster Vertreter sicherlich H. R. Christen war, kamen Aufgaben wieder zu Ansehen. Weil die Lehreinheiten überwiegend theoretisch orientiert waren, kam den Aufgaben nicht nur eine Rolle für die Vergewisserung von Verständnis zu, sondern auch der Transfer des vermittelten Wissens in wichtige Anwendungszusammenhänge. Charakteristische Fragen aus dem Christen-Klassiker „Chemie“ [3] lauten wie folgt:

„Warum stimmt die Reihenfolge der Elemente im Periodensystem (nach wachsender Atommasse geordnet) nicht

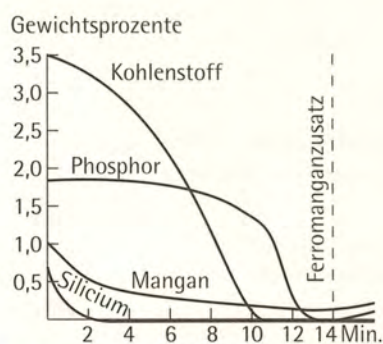


Abb. 2: Verlauf des Thomas-Verfahrens

immer ganz genau mit der Reihenfolge der Ordnungszahlen überein?“ [S. 80, Kapitel Atommodelle und Periodensystem]

oder: „Mischt man eine CuCl_2 -Lösung mit einer $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -Lösung, so beobachtet man keine Veränderung. Setzt man aber konzentrierte NaF -Lösung zu, so entsteht schwerlösliches CuCl . Interpretieren Sie diesen Versuch.“ [S. 240, Kapitel Redoxvorgänge]

„Stellen Sie die verschiedenen Möglichkeiten der Korrosion von Aluminium sowie des Korrosionsschutzes dieses Metalls zusammen.“ [S. 240]

und: „Beschreiben Sie die Vorgänge in einer Taschenlampenbatterie.“ [ebenda]

Ganz ähnlich fragte wenige Jahre später K. Häusler in seinen viel benutzten Bänden „Natur und Technik: Chemie“ [4]:

„Welche Veränderungen spielen sich in den Atomhüllen von Natrium und Sauerstoff bei der Verbindung der beiden Elemente ab? Anleitung: Es entsteht eine Ionenverbindung.“ [S. 87]

„Erkläre den zeitlichen Verlauf des THOMAS-Verfahrens mithilfe der Abbildung 67.3!“ [S. 142] (Abb. 2).

Gleichzeitig tauchen vermehrt praktische Laboraufgaben auf, etwa:

„Gib in ein feuchtes RG etwas Eisenpulver, verschließe mit einem gebogenen Röhrchen, das in Wasser taucht. Be-

obachte nach 5, 10 und 30 Minuten?“ [S. 141]

Auch spielen technische Bezüge und erste Umweltfragen als Kontexte für die Erarbeitung wieder verstärkt eine Rolle. Oft allerdings sind die betreffenden Kapitel wie „19. Die Trinkwasserversorgung und Abwasserbeseitigung einer Großstadt, aufgezeigt am Beispiel von München“ [S. 42–44] mit einem Sternchen gekennzeichnet, was bedeutet, dass die betreffenden „Einheiten (...) weggelassen werden können, ohne die Gesamtkonzeption des Buches aufgeben zu müssen“, wenn „Kürzungen geboten erscheinen“. [S. 3]. Aufgaben zu Umweltproblemen sind dementsprechend nur als Ausnahme anzutreffen:

„Überlegen Sie, worauf das gelegentliche Qualmen eines Dieselmotors zurückzuführen ist?“ oder:

„Begründen Sie, warum beim Einbau von Heizöltanks bestimmte Sicherheitsvorschriften beachtet werden müssen!“ [Band 2, S. 41]

Die 70er Jahre – Umwelt und Technik

Bereits in der Legende zu den Markierungssymbolen findet sich in „umwelt: chemie“ [5] von E. Greb, A. Kemper und G. Quinzler die „Problem- oder Arbeitsaufgabe“. Modern ist nicht nur das überwiegend Seiten orientierte Layout sondern auch die didaktische Konzeption. Zu jedem Thema gibt es Experimentier-vorschläge, oft auch die bereits genannten Aufgaben, die dann in einem optisch hervorgehobenen Arbeitsteil angeordnet sind. Auch die Kapitelüberschriften haben im Vergleich zu früheren Werken eine Aktualisierung erfahren und lauten z. B. „Es gibt verschiedene kleinste Teilchen“ oder „Oxidationen, wichtige Reaktionen in unserer Umwelt“. Alltag, Technik und Umwelt werden an vielen Stellen als Erarbeitungs-Kontexte genutzt, wenn auch längst nicht durchgängig. Jedoch finden sich zahlreiche Aufgaben, die sich explizit auf diese Kontexte beziehen (vgl. Abb. 3).

„Ein Autofahrer fährt durchschnittlich 15 000 km im Jahr. Berechne die Bleimenge im verbrauchten Benzin (bei einem Durchschnittsverbrauch von 10 l pro 100 km).“ Der Bleigehalt des Benzins betrug damals maximal 0,015 %. [S. 165]

„Fülle einen Glaszylinder mit Schwefeldioxid. Gib einige angefeuchtete Blütenblätter, deren Wachsschicht durch Eintauchen in Benzin entfernt wurde, hinzu. Beobachte einige Zeit.“ [S. 95]

„Wie könnten Waschmittelhersteller für Haushalte in Gebieten mit geringer Wasserhärte einen Beitrag zum Gewässerschutz leisten?“ [S. 109]

Noch deutlicher sind Technikbezüge naturgemäß in Schulbüchern, die speziell für berufliche Schulen und Fachschulen entwickelt wurden. „Chemie und Technik“ von W. Rieck und H. Krämer [6] stellen auch Berechnungsaufgaben, etwa:

„Es sollen 100 g Kupferoxid reduziert werden. Wieviel Liter Wasserstoff sind erforderlich?“ [S. 93]

„Bei der Reinigung von Rohkupfer fließt 6700 A durch die Bäder. Wieviel Kilogramm Kupfer werden in 24 Stunden abgeschieden?“ [S. 143]

Die gar nicht so rückständige Jetztzeit

In den 80er und 90er Jahren erlebten verschiedenste Konzepte eine partielle Wiedergeburt. Die einen Autoren versuchten sich mit einer verschlankten Allgemeinen Chemie, andere setzten wieder auf die Stoffe, und schließlich findet sich gegen Ende der letzten Dekade immer mehr eine Art Themenorientierung, unter- oder überlegt mit einem fachsystematischen Roten Faden. Eines jedoch ist fast allen chemischen Schulbüchern dieser Zeit gemeinsam: Die zunehmende Orientierung auf aktive Aneignung auf Seiten der Schülerinnen und Schüler (an Stelle von bloßer Wissensweitergabe) und damit auch ein methodisches Konzept, in dem Aufgaben mehr als vorher eine Rolle spielen. Die Aufgaben werden dabei oft eher als in früheren Zeiten:

„Nimm Stellung zu den Aussagen: ‚Ein Modell ist entweder richtig oder falsch‘ und ‚Wenn schon ein Modell, dann das Richtige!‘“ [7, S. 19]

und: „Steigt der Meeresspiegel, wenn das Eis am Nordpol schmilzt?“ [S. 79]

In Schulbüchern wie dem von Pfeifer und Reichelt [7] werden – ganz ähnlich wie bei PISA – zu thematischen Einheiten gleich eine ganze Batterie von Fragen und Aufgaben gestellt, die, ebenfalls wie bei PISA, ganz verschiedene Kompetenzen erfordern und fördern sollen. Weil es

sich aber nicht um eine Testsituation handelt, sind die Formate auch nicht auf die kognitive Bearbeitung von Problemen beschränkt, sondern schließen, ganz im Sinn eines umfassenden Begriffs von naturwissenschaftlichem Arbeiten, Recherche-Aufgaben ebenso mit ein wie Handlungsanweisungen für den Alltag.

Beispiele hierzu bietet Kapitel 32: „Es gilt das Reinheitsgebot: Einwandfreies Trinkwasser“ [S. 84] (**Abb. 4**). Die Informationstexte sind, ähnlich wie bei PISA, realitätsbezogen. Es findet sich ein Sinnanspruch von A. de Exupery ebenso wie ein Text zur Trinkwasserversorgung weltweit, Infos zu den Qualitätsanforderungen an Trinkwasser und Tipps zum Wassersparen. Mit den dazu gestellten Fragen soll schließlich dieser kleine Streifzug durch mehr als 60 Jahre Aufgaben in Chemiebüchern beendet werden.

„A1: Erkundige dich zu Hause über euren jährlichen Wasserverbrauch und rechne ihn pro Person um!

A2: Berechne zur Kontrolle deinen täglichen Wasserverbrauch mithilfe der Übersicht in B3!

A3: Erkundige dich nach dem Wasserpreis pro Kubikmeter!

A4: Erkundige dich über die einzelnen Aufbereitungsschritte in einem Wasserwerk! Frage woher euer Leitungswasser stammt!

A5: Kontrolliere zuhause die Wasserhähne! Stelle an den Wochenenden unter jeden Hahn ein sauberes Gefäß! Gieße nach 24 Stunden die aufgefangene Menge in ein Gefäß mit Volumeneinteilung zusammen! Notiere die Menge!“ [S. 84–85]

Ein kurzes Fazit

Aufgaben für den Chemieunterricht gab es, wie man sieht, schon in früheren Zeiten. Auch den Formaten nach zeigen sich in vielen Fällen Ähnlichkeiten mit den aktuellen Vorschlägen. Was also hätte sich verändert?

Schulbücher geben nur bedingt Auskunft über die Absicht, mit der Fragen und Aufgaben formuliert wurden und noch weniger über die Rolle von Aufgaben im Unterricht selbst. Wie wir aus anderen Quellen wissen – Beschreibungen von Unterricht aus früheren Zeiten, eigenem Erleben und zuletzt etwa aus Videostudien zum naturwissenschaftlichen



Abb. 4: Trinkwasser – ein wichtiges Thema im Chemieunterricht der 80er Jahre

Unterricht – ist es zu allererst die unterrichtsmethodische Einordnung von Aufgaben, die in den letzten Jahren einen Wandel erfahren hat. Wo früher Fragen zur Kontrolle formuliert worden sind, ob der Schüler / die Schülerin einen Inhaltsabschnitt auch wirklich verstanden hat, wo ihre Funktion der Überprüfung von Leistung diente, erscheinen heute Aufgaben viel öfter als Lernaufgaben, an denen die Schüler Erfahrungen machen und Einsichten gewinnen können, wo ihre kognitive Aktivität herausgefordert wird im Sinne von Schlussfolgern und Anwenden in veränderten Kontexten, und wo das Reproduzieren eine eher untergeordnete Rolle spielt: Aufgaben nach PISA also!

Literatur:

- [1] PISA 2000, Beispielaufgaben aus dem Naturwissenschaftstest.
http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/Beispielaufgaben_Naturwissenschaften.pdf
- [2] Scheid – Flörke: Lehrbuch der Chemie. Ausgabe A für Jungen. Leipzig 1940 (3. Aufl.). Alle Zitate aus dem „Zweiten Teil für die 6. – 8. Klasse der höheren Schulen“.
- [3] Christen, H. R.: Chemie. Frankfurt / Hamburg 1966 (4. Aufl.)
- [4] Häusler, K.: Natur und Technik – Chemie. Berlin 1970. Band 1, Anorganische und Allgemeine Chemie; Band 2, Organische Chemie
- [5] Greb, E.; Kemper, A.; Quinzler, G.: Umwelt: Chemie. Stuttgart 1980
- [6] Rieck, W.; Krämer, H.: Chemie und Technik. Hamburg 1979
- [7] Pfeifer, P.; Reichelt, R.: H₂O und Co. Anorganische Chemie. München 2002

► Dr. Lutz Stäudel, wiss. Mitarbeiter in der Chemiedidaktik an der Universität Kassel
lutzs@uni-kassel.de

Uni GH Kassel, FB 18 Did. d. Chemie,
Heinrich-Plett-Str. 40, 34109 Kassel ◀

Ozon

Lies den folgenden Ausschnitt aus einem Artikel über die Ozonschicht:

Die Atmosphäre ist ein Ozean aus Luft und eine wertvolle natürliche Ressource für die Erhaltung des Lebens auf der Erde. Leider schädigen menschliche Aktivitäten, die auf nationalen/persönlichen Interessen beruhen, diese gemeinsame Ressource vor allem dadurch, dass sie die empfindliche Ozonschicht zerstören, die als Schutzschild für das Leben auf der Erde dient. Ozonmoleküle bestehen aus drei Sauerstoffatomen im Gegensatz zu Sauerstoffmolekülen, die aus zwei Sauerstoffatomen bestehen. Ozonmoleküle sind äußerst selten: Auf eine Million Luftmoleküle kommen weniger als zehn Ozonmoleküle. Dennoch spielt ihr Vorhandensein in der Atmosphäre seit nahezu einer Milliarde Jahren eine entscheidende Rolle für den Schutz des Lebens auf der Erde. Je nachdem, wo das Ozon sich befindet, kann es das Leben auf der Erde schützen oder schädigen. Das Ozon in der Troposphäre (bis zu 10 km über der Erdoberfläche) ist „schlechtes“ Ozon, das das Lungengewebe und die Pflanzen schädigen kann. Aber rund 90 Prozent des Ozons in der Stratosphäre (10 bis 40 km über der Erdoberfläche) ist „gutes“ Ozon, das bei der Absorption der gefährlichen ultravioletten Strahlung der Sonne (UV-B) eine sehr nützliche Rolle spielt.

Ohne diese nützliche Ozonschicht wären die Menschen wegen der verstärkten Einwirkung der ultravioletten Sonneneinstrahlung viel anfälliger für bestimmte Krankheiten. In den letzten Jahrzehnten hat der Ozongehalt abgenommen. 1974 wurde die Hypothese aufgestellt, dass Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) eine Ursache dafür sein könnten. Bis 1987 war die wissenschaftliche Beurteilung von Ursache und Wirkung nicht überzeugend genug, um FCKW verantwortlich zu machen. Im September 1987 trafen sich jedoch Diplomaten aus der ganzen Welt in Montreal (Kanada) und vereinbarten eine strenge Begrenzung der Verwendung von FCKW.

Frage 65:

Im obigen Text wird nichts darüber gesagt, wie das Ozon in der Atmosphäre gebildet wird. Tatsache ist, dass jeden Tag Ozon gebildet wird und anderes Ozon verschwindet. Die Bildung von Ozon ist im folgenden Comicstrip illustriert.



Nehmen wir an, du hättest einen Onkel, der versucht, die Bedeutung dieses Comicstrips zu verstehen. Er hatte allerdings keinen naturwissenschaftlichen Unterricht in der Schule und versteht deshalb nicht, was der Autor hier erklärt. Er weiß, dass es keine kleinen Männchen in der Atmosphäre gibt, aber er fragt sich, was denn diese Männchen im Comicstrip darstellen, was diese seltsamen Bezeichnungen O_2 und O_3 bedeuten und welche Prozesse der Comicstrip beschreibt. Er bittet dich, ihm den Comicstrip zu erklären.

Nimm an, dass dein Onkel weiß:

- dass O das Symbol für Sauerstoff ist,
- was Atome und Moleküle sind.

Schreibe eine Erklärung des Comicstrips für deinen Onkel.

Verwende in deiner Erklärung die Wörter Atome und Moleküle so, wie sie im Text verwendet werden.

Frage 66:

Ozon entsteht auch bei Gewittern. Es verursacht den typischen Geruch nach einem Gewitter. Der Autor unterscheidet zwischen „schlechtem Ozon“ und „gutem Ozon“. Ist das Ozon, das bei Gewittern entsteht, nach den Aussagen des Artikels „schlechtes Ozon“ oder „gutes Ozon“? Wähle die Antwort und Erklärung, die im Text enthalten ist.

Schlechtes Ozon oder gutes Ozon?

Erklärung

- | | |
|------------|------------------------------------|
| A Schlecht | Es entsteht bei schlechtem Wetter. |
| B Schlecht | Es entsteht in der Troposphäre. |
| C Gut | Es entsteht in der Stratosphäre. |
| D Gut | Es riecht gut. |

Frage 67:

Im Text heißt es: „Ohne diese nützliche Ozonschicht wären die Menschen wegen der verstärkten Einwirkung der ultravioletten Sonneneinstrahlung viel anfälliger für bestimmte Krankheiten.“

Nenne eine dieser Krankheiten.

Frage 68:

Am Ende des Textes wird ein internationales Treffen in Montreal erwähnt. Bei diesem Treffen wurden zahlreiche Fragen bezüglich des möglichen Abbaus der Ozonschicht diskutiert. Zwei dieser Fragen erscheinen in der folgenden Tabelle. Können die folgenden Fragen durch wissenschaftliche Forschung beantwortet werden?

Kreize jeweils Ja oder Nein ein.

Frage

Sollten bestehende wissenschaftliche Unsicherheiten bezüglich des Einflusses von FCKW auf die Ozonschicht für Regierungen ein Grund sein, keine Maßnahmen zu ergreifen?

Durch wissenschaftliche Forschung zu beantworten?
ja/nein

Frage

Wie hoch wäre die Konzentration von FCKW in der Atmosphäre im Jahr 2002, wenn der Ausstoß von FCKW in die Atmosphäre dauernd so hoch bliebe wie jetzt?

Durch wissenschaftliche Forschung zu beantworten?
ja/nein

Aufgaben zum Lernen – Aufgaben zum Prüfen?

Von Lutz Stäudel

Aufgaben können sehr unterschiedlichen Zwecken dienen, man kann sie verwenden um vorhandenes Wissen abzufragen oder man kann mit ihrer Hilfe die eigene Strukturierung einer offenen Problemstellung provozieren. Die Frage ist dabei nicht, was besser oder schlechter wäre, denn jede mögliche Zielrichtung kann auch für sich begründet werden. Das Problem ist vielmehr, für den gewählten Zweck auch die richtigen Mittel einzusetzen.

Die hier zur Bewertung bereits ausformulierter Aufgaben vorgestellte „Analyse-Spinne“ (Abb. 1) hat sich in vielfältigen Zusammenhängen bewährt, besonders bei Fortbildungsveranstaltungen der hessischen Sinus-Qualitätsinitiative für Mathematik-Kollegien und bei Lehrern der naturwissenschaftlichen Fächer. Die Struktur dieses Instruments ist denkbar einfach: Vom Zentrum des (späteren) Netzes gehen 6 oder 8 Strahlen aus, auf denen die Ausprägung eines noch zu wählenden Kriteriums aufgetragen wird. Je nachdem ob ein Kriterium in geringem Maß oder in besonders hohem Maß zutrifft, wird ein entsprechender Wert auf dem zugehörigen Strahl markiert. Oft benützt man dazu eine 5er-Skala, wobei die 1 am nächsten am Zentrum steht. Wird eine Aufgabe z. B. bzgl. des Kriteriums „Transfer“ geprüft – oder präziser gesagt, inwieweit die Aufgabe die Schülerinnen und Schüler dazu herausfordert, ihr Wissen in einem neuen Zusammenhang anzuwenden, – und stellt die Aufgabe hohe Transferanforderungen, dann erhält sie den Wert 5. Hat man eine Aufgabe auf diese Art hinsichtlich mehrerer Kriterien charakterisiert, dann werden die markierten Schätzwerte auf den Achsen miteinander verbunden. Man erkennt schnell, dass die dadurch gebildete Fläche als grafische Veranschaulichung der Charakteristik der betreffenden Aufgabe interpretiert werden kann. Besonders gut erkennt man dabei die schwach ausgeprägten Anforderungen.

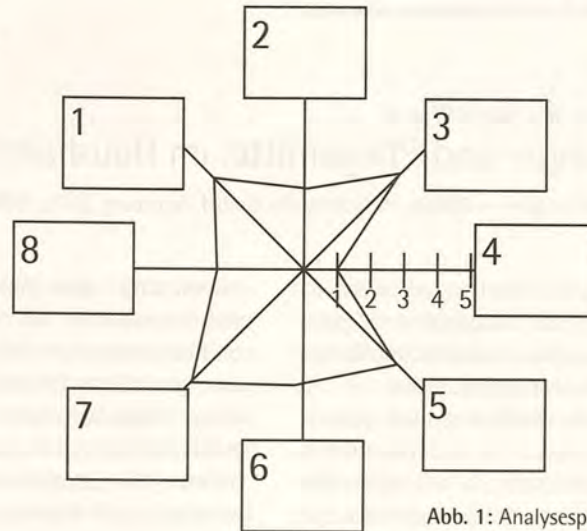


Abb. 1: Analysespinne

Welche Kriterien man wählt, hängt von den eigenen Zielsetzungen für den Unterricht ab. Daher kann man ein Kriterium wie „Offenheit“ ebenso wählen wie „regt zur Kommunikation an“ oder „erfordert Modellierung“, die Kriterien können sich aber ebenso auf stoffliche Aspekte beziehen oder auf die Repräsentanz bestimmter Theorien oder Modelle. So könnte eine Aufgabe etwa in hohem Maße die Benutzung des Teilchenmodells erfordern, dabei den Schülerinnen und Schülern eine mittelhohe Transferleistung abverlangen und in gleichem Umfang die Reproduktion erlernten Wissens benötigen. Die Liste möglicher Kriterien lässt sich entsprechend fast beliebig variieren. Eine leicht zugängliche Quelle stellt die Lektüre fachdidaktischer Artikel dar, die sich ja in ihren Begründungen auf die verschiedensten Anforderungen beziehen. Mit solchen Analysespinnen kann man sowohl einzelne Aufgaben bewerten, wie auch die Aufgaben etwa eines Schulhalbjahres, wenn man wissen möchte, wo man eigentlich als Lehrkraft seinen Schwerpunkt gelegt hat bzw. ob die Vorstellung davon, was man hätte tun wollen tatsächlich mit der Realität übereinstimmt. Sehr gut eignet sich dieses Instrument darüber hinaus auch, um mit seinen Fachkollegen und Kolleginnen ins Gespräch zu kommen, wenn man etwa gemeinsame Überlegungen anstellt, wie sich eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne von PISA über die Schuljahre hinweg als gemeinschaftliche Aufgabe entwickeln lässt.

Ein Kriterienset, das sich an den Kompetenzen von PISA orientiert, könnte z. B. wie folgt aussehen: Die Aufgabe ...

- 1 trägt zum Verständnis naturwissenschaftlichen Arbeitens bei.
- 2 schult das Umgehen mit Evidenz.
- 3 erfordert das Kommunizieren naturwissenschaftlicher Beschreibungen und Argumente.
- 4 erfordert das Anwenden eines oder mehrerer naturwissenschaftlicher Konzepte.
- 5 fördert allgemein die Lesefähigkeit im Sinn von „literacy“.
- 6 bezieht sich auf einen authentischen Kontext.
- 7 berücksichtigt die Erfahrungen/Interessen der Lernenden.
- 8 ist Lehrplan konform („Curriculare Validität“).

Zur Übung bzw. als Test für die Aussagefähigkeit der mittels Analysespinnne gewonnenen Einsichten, kann man eine der veröffentlichten PISA-Aufgaben heranziehen und mit der beschriebenen Methode bewerten.

Literatur:

- Stäudel, L.: Der Aufgabencheck. Überprüfen Sie Ihre „Aufgabenkultur“. In: H. Ball u. a. (Hrsg.): Friedrich Jahresheft XXI – Aufgaben. Lernen fördern – Selbstständigkeit entwickeln. Seelze 2003, S. 16–17
- SINUS-Projektgruppe Naturwissenschaften Hessen: Selbstständig Verstehen entwickeln. Aufgaben als Freiräume für das eigene Denken. In: H. Ball u. a., S. 119–121
- Peter, E.; Stäudel, L.: Schulbezogene Fortbildungen – die hessische SINUS-Qualitätsinitiative. In: LISA (Hrsg.): Tagungsband der Abschlussstagung zum Modellversuch SINUS. Halle 2003, S. 47–51

► Dr. Lutz Stäudel, wiss. Mitarbeiter in der Chemiedidaktik an der Universität Kassel
lutzs@uni-kassel.de

Uni GH Kassel, FB 18 Did. d. Chemie,
Heinrich-Plett-Str. 40, 34109 Kassel ◀



Hermann G. Hauthal, Günter Wagner

Reinigungs- und Pflegemittel im Haushalt

Verlag für chemische Industrie, H. Ziolkowsky GmbH, Augsburg 2003, ISBN 3878462301

Die Herausgeber erheben im Vorwort den Anspruch „... für den Lehrer eine Grundlage für einen praxisnahen, aktuellen und fundierten Unterricht zu bilden.“

Werden Sie diesem Anspruch gerecht?

Im Gegensatz zu anderen neu erschienenen Büchern, die sich im Plauderton mit scheinbar willkürlich herausgegriffenen chemischen Alltagsproblemen befassen und aufgrund der Themenfülle meist nur an der Oberfläche bleiben können, werden „harte Fakten“ anschaulich und verständlich aufbereitet präsentiert. In zwölf Kapiteln auf dreihundertsechundfünfzig Seiten vermitteln neun renommierte Mitarbeiter der chemischen Industrie ihr Know How zum Thema Reinigungs- und Pflegemittel im Haushalt. Die Themen „Reinigen im Haushalt – Ansprüche, Bedürfnisse, Spannungsfelder“, „Inhaltsstoffe von Reinigungs- und Pflegemitteln für den Haushalt“, „Werkstoffe und Oberflächen“, „Geschirrspülmittel“, „Allzweckreiniger und Scheuermittel“, „Reiniger für Küche, Bad und WC“, „Reinigungs- und Pflegemittel für spezielle Anwendungen“, „Schuh- und Lederpflege“, „Autoreinigungs- und Pflegemittel“, „Ökologische Aspekte bei der

Anwendung“, aber genauso die „Verbrauchersicherheit bei der Anwendung von Reinigungs- und Pflegemitteln“ sowie „gesetzliche Regelungen und freiwillige Vereinbarungen der Industrie“ werden kompetent dargestellt.

Das optisch ansprechende und reich bebilderte (135 Abbildungen) Buch ist fachlich auf neuem Stand. Die zitierten Quellen stammen vielfach aus dem Jahr der Drucklegung, lediglich Standardwerke oder grundlegende Veröffentlichungen sind älteren Datums.

Trotz der Spannweite der Themenstellung von Inhaltsstoffen über Ökobilanz bis zu Verbrauchersicherheit und Hygiene überrascht die Liebe zum Detail. So wird beim Thema Glas die Glaskorrosion pH-abhängig diskutiert, gleichzeitig aber auch die zu Glasschäden führenden Zusammenhänge vernetzt aufgezeigt. Das Kapitel „Werkstoffe und Oberflächen im Haushalt“ spannt sich von metallischen Oberflächen über Glas bis hin zu Nanostrukturen und Lotuseffekt. Ein Sachregister im Umfang von 32 (!) Seiten (fast 10 % des Buchumfangs) gestattet zusammen mit dem übersichtlichen Inhaltsverzeichnis (6 Seiten) sowohl eine ra-

sche Orientierung über die angesprochenen Themengebiete als auch den effizienten Zugriff auf die gewünschten Informationen. Das Kapitel „Ökobilanz“, das nach Begriffsklärungen und allgemeinen Zusammenhängen am Beispiel des Themas „Spülen“ die Systemgrenzen der Reinigungsmittel anhand von Zahlen aus dem Jahr 1992 auslotet (aktuellere Daten sind naturgemäß schwer zu beschaffen) interessiert sicher nicht nur Lehrer.

Chemieunterricht vermittelt solides Fachwissen und erschließt den Schülern chemische Alltagsprobleme anschaulich, wozu allerdings nicht immer entsprechende Informationen zugänglich sind. Für das Thema Reinigungs- und Pflegemittel schließt das Buch eine bisher vorhandene Lücke. Kaum eine Antwort auf aktuelle Fragen, die sich bei der schulischen Umsetzung des Themas Reinigungs- und Pflegemittel ergeben, bleibt offen und viele Abbildungen und Tabellen können direkt oder leicht verändert im Unterricht eingesetzt werden.

Fazit: Das Buch entspricht voll seiner selbst gestellten Anforderung!

Bernd Lutz

INFORMATION

GDCP-Jahrestagung 2004

Die Jahrestagung 2004 der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) findet vom 13. bis 16. September 2004 an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg statt. Das Generalthema lautet: Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung. Neben den Plenarvorträgen zum Generalthema gibt es Diskussionsbeiträge zu allen Bereichen der Didaktik der Chemie und Physik.

Nähere Auskünfte:

Dr. Anja Pitton, Zentrum für Lehrerbildung, Universität Duisburg-Essen, 45117 Essen, T. 0201/183-2216, e-mail: anja.pitton@uni-essen.de

Von Zucker und Zeitgeschichte

Pudding-Ausstellung im Historischen Museum Bielefeld

Das Historische Museum präsentiert bis zum 3. Oktober 2004 die Ausstellung „Pudding! – Vom süßen Leben im Industriezeitalter“. In meterhohen begehbaren Puddingpäckchen erleben Schülerinnen und Schüler die Kulturgeschichte der Süßspeisen.

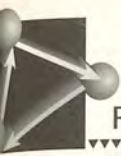
Der Weg beginnt in der Zeit, als Zucker noch eine kostbare Schiffsfracht aus Übersee war und endet beim Massenprodukt Fertigpudding im Kühlregal.

Den roten Faden bildet der Wandel des Lebensmittelangebotes durch die

Globalisierung, und die Veränderung der Nahrungsgewohnheiten durch die Industrialisierung.

Die industrielle Herstellung des Puddingpulvers wird veranschaulicht durch beeindruckende Abfüll- und Mischmaschinen und Filme aus der Produktion. Einen Schwerpunkt der Ausstellung bilden 100 Jahre Puddingwerbung in Deutschland. In Plakaten, Hörfunkspots und Werbefilmen der Firmen Reese und Dr. Oetker spiegelt sich nicht nur die Zeitgeschichte sondern auch die Veränderung unseres ästhetischen Empfindens.

Zum Schluss gibt es zur Stärkung einen Fertigpudding zu probieren! Vanille ... oder lieber Schoko?



Georg Schwedt

Experimente mit Supermarktprodukten

204 Seiten inkl. CD, € 29,90, ISBN 3527304622, Wiley-VCH 2001

Nach einem Aufruf des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft, in dem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aufgefordert wurden, ihre Arbeit öffentlich auch in einer für den Nicht-Spezialisten verständlichen Form darzustellen, hat der Autor an der Technischen Universität in Clausthal ein „Superlab“ eingerichtet. Dort können nun Schülerinnen und Schüler mit Produkten aus Supermärkten und Baumärkten nach bereitgestellten Vorschriften experimentieren. Der Vorschlag zur Einrichtung des Labors wurde sogar mit einem Förderpreis ausgezeichnet.

Im Rahmen der Arbeiten für das Superlab ist wahrscheinlich auch das vorliegende Buch, das den Untertitel „Eine chemische Warenkunde“ trägt, entstanden. In dem Buch findet man 160 Experimente, die in 15 Kapitel gegliedert sind. Die Kapitel orientieren sich nach Warengruppen, die erste Warengruppe wird mit „Zucker, Honig, Stärke/Mehl Backpulver“ bezeichnet. Das Grundprinzip der Experimente besteht darin, mit wenigen Rea-

genzien die Stoffeigenschaften der Produkte in Form von Phänomenen kennenzulernen. Hierzu gehören Farbreaktionen, Gasentwicklung, Bildung neuer Stoffe und die Isolierung unlöslicher Stoffe. Als Reagenzien werden Rotkohlsaft, Iodlösung, Eisenlösung, Kalkwasser, Seifenauflösung sowie Permanganat- und Kupfersulfatlösung genannt, die in Glasflaschen von 30–50 mL aufbewahrt werden. Zur experimentellen Grundausstattung gehören vor allem Schnappdeckelgläschen (20 mL), in denen die Reaktionen durchgeführt werden. Außerdem werden für Proben, die erhitzt werden müssen, Bechergläser mit einem Volumen von 25 oder 50 mL und eine elektrisch betriebene Heizplatte vorgeschlagen. Zur Dosierung werden außerdem Plastikpipetten (3 mL) verwendet, zum Filtrieren wird ein kleiner Plastiktrichter mit Kaffeefiltern vorgeschlagen. Das Experimentiermaterial ist bewusst einfach gehalten, damit die Versuche im häuslichen Umfeld durchgeführt werden können.

Jedes Experiment wird in „Materialien“, „Durchführung“, „Beobachtung“ und „Erläuterungen“ gegliedert, wobei sich die Erläuterungen nur auf die Phänomene beziehen. Reaktionsgleichungen werden bis auf wenige Ausnahmen nicht aufgeführt. An einigen Stellen werden allerdings Spektren zur Erklärung herangezogen.

Als Adressaten werden interessierte Laien angesprochen. Allerdings lässt sich mit den Versuchen ein Basiswissen in Chemie, wie es in der Einführung zu dem Buch als Ziel genannt wird, nicht erreichen. Die Experimentatoren können allenfalls motiviert werden, sich mit Chemie weiter zu beschäftigen. Die Sammlung von Chemieversuchen in dem Buch eignet sich aber auch für Chemielehrkräfte. Für den Unterricht müssen die Experimente mit diesen Alltagsprodukten, die häufig eine recht komplexe Zusammensetzung besitzen, noch durch theoretisches Wissen und mit Erläuterungen ergänzt werden.

Heinz Schmidkunz

Fernseh- und Radiotipps

Sonntag, 22. August

Alpha-lexikon

Zum 10. Todestag von Linus Pauling am 19. August: Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik

Vom Atom zum Molekül – Linus Pauling und die chemische Bindung

Bayern Alpha, 09.45 Uhr

Sonntag, 29. August

Teletipps vom Hausarzt

In vino sanitas – Wein ist gesund

Moderation: Dr. Günter Gerhardt und Sylvia Kunert

Unter den insgesamt um die 1.000 Inhaltsstoffen im Wein wird den so genannten Polyphenolen, besondere Wirkung zugeschrieben. Neuere Untersuchungen zeigen, dass in Korrelation mit

diesen Stoffen Herzerkrankungen oder Kreislaufprobleme seltener auftreten oder das Risiko auf einen Schlaganfall vermindert wird. Allerdings sollte Maß gehalten werden: beim Genuss von mehr als 0,3–0,5 Litern am Tag überwiegen andere, gesundheitsschädliche Folgen ...

3sat, 17.30 Uhr

Samstag, 18. September

Lange Nacht: Zeitzeugen der Ewigkeit

Eine Lange Nacht der Sterne

Moderation: Ulrich Blumenthal

Die Sterne sind als heiße Gaskugeln für jegliches Licht im Universum verantwortlich – und sind zugleich gigantische chemische Fabriken. Alle Elemente, die wir zum Leben brauchen, sind in

Sternen entstanden. Uns gibt das Weltall damit viele Rätsel auf: Wie schnell sind nach dem Urknall die ersten Sterne entstanden – und aus ihnen die Elemente? Wie entstehen Schwarze Löcher? Welche Rolle spielt die „Dunkle Materie“, die die Sterne beeinflusst, aber selbst nicht leuchtet? Worin besteht die Energie, die den Kosmos immer schneller auseinander treibt? Und schließlich haben auch große Sterne ein begrenztes Leben: schon nach einigen Millionen Jahren hat sich das Brennmaterial in ihrem Innern verbraucht – schwache Sterne dagegen glimmen möglicherweise viele Milliarden Jahre ...

Deutschlandfunk, 23.05 Uhr

Zusammengestellt von Friederike Rüll

VORSCHAU

Naturstoffe

Herausgeber: Dr. Katrin Sommer, Nürnberg; Prof. Dr. Peter Pfeifer, Nürnberg; Sabine Venke, Berlin

Energie bei chemischen Reaktionen

Herausgeber: Prof. Dr. Heinz Schmidkunz, Dortmund

Kreislauf der Gesteine

Herausgeberin: Dr. Sylke Hlawatsch, Kiel; Sabine Venke, Berlin

Chemieunterricht und Wirtschaft*

Herausgeber: Prof. Dr. Peter Pfeifer, Nürnberg; Dr. Wolfgang Gräber, Kiel

MITARBEIT DER LESERINNEN UND LESER

Diese Zeitschrift ist für die Praxis bestimmt und lebt von Beiträgen aus der Praxis. Deshalb bitten wir um Ihre Mitarbeit. An den mit * gekennzeichneten Heften ist noch Mitarbeit möglich. Schreiben Sie uns bitte auch, wenn Sie Ideen zu anderen Themen einbringen wollen, diese können im Magazinteil abgedruckt werden.

KURZFASSUNGEN

Die Kurzfassungen der einzelnen Beiträge finden Sie im Internet unter: friedrich-verlagsgruppe.de

BEILAGENHINWEIS:

Diese Ausgabe enthält eine Beilage der Stiftung NiedersachsenMetall zum Thema „Treffpunkt Technik in der Schule“ sowie eine Beilage bildung+science 1/04 bei.

Inhaber der Bildrechte, die wir nicht ausfindig machen konnten, bitten wir, sich beim Verlag zu melden. Berechtigte Ansprüche werden selbstverständlich im Rahmen der üblichen Vereinbarungen abgefolgt.

Die Redaktion

NATURWISSENSCHAFTEN IM UNTERRICHT PHYSIK

Heft 82 (August 2004) MEDIZIN

Herausgeber des Heftes: Prof. Dr. Otto Ernst Berge, Kiel

RÜCKSCHAU

- Heft 51/99 ▶ Alkohole
- Heft 52/99 ▶ Farbstoffe
- Heft 53/99 ▶ Methodenvielfalt
- Heft 54/99 ▶ Chemische Energiespeicherung
- Heft 55/00 ▶ Arzneimittel
- Heft 56/00 ▶ Prüfen und Bewerten
- Heft 57/00 ▶ Geschichte der Chemie
- Heft 58/59/00 ▶ Lernen an Stationen
- Heft 60/00 ▶ Drogen
- Heft 61/01 ▶ Mineralien
- Heft 62/01 ▶ Kohlenhydrate
- Heft 63/01 ▶ Waschmittel
- Heft 64/65/01 ▶ Methoden – Werkzeuge
- Heft 66/01 ▶ Elektrochemie
- Heft 67/02 ▶ Modelle
- Heft 68/02 ▶ Aluminium
- Heft 69/02 ▶ Lebensmittel – Trends und Entwicklungen
- Heft 70/71/02 ▶ Offene Lernformen
- Heft 72/02 ▶ Kupfer
- Heft 73/03 ▶ Moderne Kunststoffe
- Heft 74/03 ▶ Üben
- Heft 75/03 ▶ Nützliche Aminosäuren
- Heft 76/77/03 ▶ Naturwissenschaftliches Arbeiten
- Heft 78/03 ▶ Kohlenstoffdioxid in Natur und Alltag
- Heft 79/04 ▶ Anwendung und Transfer
- Heft 80/04 ▶ Kleben und Verbinden

SAMMELBÄNDE

- 1996 ▶ Chromatographie in Theorie und Unterrichtspraxis
- 1997 ▶ Experimente – interessant und praxisnah
- 1999 ▶ Chemie im Haushalt

CD-ROM

- 2000 ▶ Lernen an Stationen
- 2002 ▶ Methodenwerkzeuge

IMPRESSUM

Naturwissenschaften im Unterricht

Chemie wird herausgegeben von Prof. Dr. Heinz Schmidkunz, Prof. Dr. Peter Pfeifer, Dr. Bernd Lutz, Günter Wagner, Dr. Lutz Stäudel, Thomas Freiman und vom Friedrich Verlag in Zusammenarbeit mit Klett; ständige Mitarbeiterin: Sabine Venke

Redaktion: Elke Ronczkowski

Tel. (05 11) 4 00 04-230

E-Mail: redaktion.che@friedrich-verlag.de

Redaktionssekretariat: Katrin Franke, Tel. (05 11) 4 00 04-128

Vertrieb und Abonnement:

Tel. (05 11) 4 00 04-151

Verkaufs- und Anzeigenleitung:

Bernd Schrader, Tel. (0511) 40004-131

Anzeigenabwicklung:

Daniela Vossmann, Tel. (05 11) 4 00 04-184
Anzeigenpreisliste Nr. 7, gültig ab 01. 02. 2002

Verlagsleitung:

Uwe Brinkmann, Anne Meyhöfer

Verlag: Erhard Friedrich Verlag GmbH, Postfach 10 01 50, 30917 Seelze, Tel. (05 11) 4 00 04-0, Telefax: 4 00 04-219.

Titel: Detlef Grove, Foto: Claudia Below

Realisation: Sabine Duffens/
Friedrich Medien-Gestaltung

Druck: Jütte-Messedruck Leipzig GmbH

Das Jahresabonnement von Unterricht Chemie besteht aus 6 Einzelheften, einem Jahreshaft und einem Heft der Reihe SCHÜLER. Der Einzelbezugspreis im Abonnement beträgt 7,30 € (Doppelheft 14,60 €) Jahreshaft 10,00 € und die Reihe SCHÜLER 8,00 €, ges. 61,80 €. Unterricht Physik/Chemie kann auch weiterhin im Abonnement zu 12 Einzelheften, einem Jahreshaft und einem Heft der Reihe SCHÜLER zum Preis von 98,40 € bezogen werden. Wir liefern gegen Rechnung. Alle Preise verstehen sich zuzüglich Versandkosten.

StudentInnen und ReferendarInnen erhalten bei Vorlage ihrer aktuellen Bescheinigung 30 % Rabatt auf den Jahres-Abonnement-Preis sowie einmalig vier Einkaufsgutscheine über 50 % Rabatt. Wenn Sie diesen Ausbildungs-rabatt über mehrere Jahre in Anspruch nehmen möchten, schicken Sie uns regelmäßig Ihre aktuelle Bescheinigung (keine Ernennungsurkunde!) zu.

Die Mindestbestelldauer des Abonnements beträgt ein Jahr. Es läuft weiter, wenn nicht sechs Wochen vor Ablauf eines Kalenderjahres schriftlich gekündigt wird. Unterricht Chemie ist zu beziehen durch den Buch- und Zeitschriftenhandel oder direkt vom Verlag. Auslieferung in Österreich durch ÖBV Klett Cotta, Hohenstauffengasse 5, A-1010 Wien. Auslieferung in der Schweiz durch Bücher Balmer, Neugasse 12, CH-6301 Zug. Weiteres Ausland auf Anfrage. Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Auch unverlangt zugesandte Manuskripte werden sorgfältig geprüft. Verlag und Herausgeber übernehmen dafür keine Haftung. Unverlangt eingesandte Bücher werden nicht zurückgeschickt. Die als Arbeitsblatt oder Material bezeichneten Unterrichtsmittel dürfen bis zur Klassen- bzw. Kursstärke vervielfältigt werden. Mitglied der Fachgruppe Fachzeitschriften im VDZ. Bei Nichtlieferung infolge höherer Gewalt oder infolge Störungen des Arbeitsfriedens bestehen keine Ansprüche gegen den Verlag.

ISSN 0946-2139

Best.-Nr. 10082

Senden Sie bitte Ihre Beiträge an:
Elke Ronczkowski, Erhard Friedrich Verlag,
Postfach 10 01 50, 30917 Seelze.

Aktionskarte 1



1

Beim Experimentieren ist der Versuch in Flammen aufgegangen. Lösche eine Runde lang den Brand!

Aktionskarte 2



2

Du musst deine umweltgefährdenden Stoffe entsorgen, weißt aber nicht, welcher Behälter der Richtige ist. Würfle! 1–3 richtiges Gefäß, du darfst weitergehen. 4–6 ist falsch. Probier es nächste Runde noch einmal.

Aktionskarte 3



3

Dein Versuch ist geglückt, du darfst noch einmal würfeln und weitergehen!

Aktionskarte 4



4

Du hast deine Schutzbrille vergessen. Nenne 3 weitere Experimentierregeln, dann kannst du weiterspielen. Ansonsten geht's 3 Felder zurück.

Aktionskarte 5



5

Du hast deine restliche Lösung nicht entsorgt, sondern einfach stehen gelassen. Mache es jetzt und setze eine Runde aus!

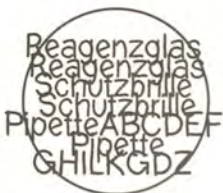
Aktionskarte 6



6

Lege die richtige Reihenfolge für das Entzünden des Brenners. Geschäft – dann 5 Felder vor, wenn nicht 5 Felder zurück.

Aktionskarte 7



7

BECHERGLASSSPATELNVJFKFIDJDU-
STOPFENMDTIEGELDUHDMESSZYLIN-
DERKDDIDKSCHUTZBRILEKDLJFFJD-
JUPIPETTESANDBRENERJDGFKDMNFJ
FLREAGENZGLASJFKFMFKALSLTRICH
ERRRNDJFFKLELJDNFPIPETTEN-
CKDKDFKDLFKFLKFRKFLFRKFLFKFR

Suche aus dem Buchstabensalat
10 Begriffe aus der Chemie.

Aktionskarte 8



8

Wie schwer sind die im Becherglas befindlichen 50 mL Wasser?
Bei richtiger Lösung darfst du trinken und bei falscher Lösung bist du schlapp und fällst 3 Felder zurück.

Aktionskarte 9



9

Lege das Laborgeräte-Domino richtig zusammen.

r = Rücke vor bis zum Schwein
f = Würfle und gehe die Augenzahl zurück!



Du sollst mit dem Gasbrenner Wasser erhitzen.

Welche Sicherheitsregeln musst du dabei beachten?

Welche Aufgaben haben die Gefahrensymbole?

Was bedeutet das Gefahrensymbol?



Und noch ein Gefahrensymbol. Es bedeutet:



Wie heißen diese Geräte?



Worauf musst du beim Erhitzen von Flüssigkeiten im Reagenzglas achten?

Zähle 5 Laborgeräte auf, die nicht aus Glas bestehen!

Nenne 2 Alltagschemikalien, die leichtentzündlich sind!

In welcher Einheit misst man:

1. Die Temperatur,
2. die Wassermengen,
3. die Masse eines festen Stoffes?

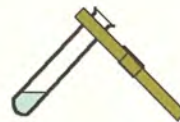
Welches Gefahrensymbol steht für „ätzend“?

Welche Zone ist bei einer Brennerflamme am heißesten?

Nenne 4 Laborgeräte, mit denen man etwas messen kann.

Benenne die 3 Laborgeräte!

Erkläre, warum du für verschiedene Chemikalien unterschiedliche Spatel benutzen musst.



Benenne die Laborgeräte!



Bei welcher Temperatur siedet Wasser?

Bei welchem Stoff entspricht das Gewicht dem Volumen?

- a) Eisen
- b) Wasser
- c) Salzwasser

Start

Ziel

