

Aufgaben für den Chemieunterricht

Eine Einführung

Von Lutz Stäudel

Wieso eigentlich spricht alle Welt – zumindest die pädagogische – von Aufgaben? Sind wir in der Chemie nicht ganz gut „ohne“ ausgekommen, einmal abgesehen von den eher lästigen Leistungsüberprüfungen? Waren wir nicht sogar froh, dass wir uns – anders etwa als die Mathematik, die die Schülerinnen und Schüler durch ständiges Abarbeiten von Aufgaben in Päckchen langweilte – dass wir uns auf das Wesentliche konzentrieren konnten, nämlich die Vermittlung von Inhalten und die Entwicklung von Verständnis bei unseren Lernenden, unterstützt durch Experimente, Denkanstöße und einen dialogisch aufgebauten Unterricht? Was also hat sich verändert und – wenn schon ein neuer Trend heraufgezogen ist – was wäre der Nutzen?

PISA und die Aufgaben

Da ist zunächst einmal PISA. Tests wie PISA leben geradezu von Aufgaben. Und mit PISA kam auch die neue Aufmerksamkeit für Aufgaben. Allerdings kennen wir zur Zeit kaum mehr als eine Handvoll der Aufgaben, mit denen im Frühjahr 2000 und 2003 deutsche Schülerinnen und Schüler getestet wurden. Dass unsere Kenntnis hier so begrenzt ist, hat mehrere Gründe: Zum einen sind nur wenige Aufgaben „freigegeben“, damit die anderen zu einem späteren Zeitpunkt nochmals eingesetzt werden und Hinweise liefern können auf mögliche Veränderungen der Leistungsfähigkeit, zum anderen stehen die Naturwissenschaften erst bei PISA 2006 im Zentrum der Untersuchung und fristeten bisher eher ein Nischendasein neben der Lesefähigkeit (2000) und der Mathematik (2003).

Nichtsdestotrotz hat bald nach der Veröffentlichung der ersten Ergebnisse im Jahr 2001 ein ausgesprochener Run auf die wenigen bekannten Aufgaben eingesetzt: Man wollte doch wissen, woran die eigenen Schülerinnen und Schüler



Mehr Verantwortung für das eigene Lernen durch Aufgaben

gescheitert waren, wollte sie – und sich – vorbereiten auf künftige Erhebungswellen, wollte verstehen, worin sich diese Aufgaben von dem unterscheiden, was im eigenen Unterricht stattfand und stattfindet.

Dass man PISA-Aufgaben eigentlich nicht „üben“ kann, war schnell klar: Falls die bekannten Aufgaben auch repräsentativ für die übrigen waren, dann ging es in einer Vielzahl von Fällen nicht um Reproduktion, sondern um strukturelles Verständnis. Die Schülerinnen und Schüler wurden mit mehr oder weniger komplexen Kontexten konfrontiert und mussten oft erst herausfinden, welche Informationen relevant für die Fragenstellung waren und welche nicht, worin eigentlich das zu lösende Problem bestand. Sollten sie bei künftigen Tests im Durchschnitt besser abschneiden, dann galt es, ihre Fähigkeit im Umgang mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen im allgemeinen zu verbessern. Solche Kompetenzen lassen sich nicht „einüben“, wohl aber durch einen Unterricht mit veränderter Akzentsetzung unterstützen. Aufgaben spielen dabei eine nicht zu übersehende Rolle.

Aufgaben und Unterrichtsziele

Bei der neuen Beschäftigung mit Aufgaben kam noch manch anderes zum Bewusstsein: Zwar wusste man schon immer, dass das Lernen wie auch der Unterricht selbst in großem Umfang von den anschließenden Leistungskontrollen überformt werden. Eher neu ist aber die Einsicht, dass auch Aufgaben außerhalb von Tests dazu beitragen können, die Ziele und sonst oft nur implizit formulierten Anforderungen transparent zu machen.

Schülerinnen und Schüler entwickeln spätestens in der Mittelstufe eine spezielle Art der Arbeitsökonomie, die sich prägnant in der Frage ausdrückt „Kommt das in der nächsten Arbeit?“. Diese Frage zeugt aber nicht nur von dem Bestreben, den Aufwand für das Lernen zu minimieren, sondern zeugt auch von der verbreiteten Unsicherheit, was denn wirklich wichtig ist von dem, was die Lehrkraft während einer längeren Unterrichtsphase an Inhalten präsentiert. Haben die Lernenden schließlich verlässliche Anhaltspunkte erhalten, was das eigentliche Ziel des Unterrichts ist, konzentrieren sie ih-

re Anstrengungen entsprechend. Aufgaben können hier mehr Transparenz schaffen, für beide Seiten. Die Schülerinnen und Schüler erfahren am konkreten Fall, was ihre Lehrerin oder ihr Lehrer von ihnen erwarten, welche Art Fragen sie lösen können sollen, über welches Wissen sie schließlich verfügen müssen. Und für den Lehrer ist es eine Art Selbstkontrolle: Mit der Formulierung einer Aufgabe ist auch eine Konkretisierung der eigenen Unterrichtsziele verbunden, oder anders gesagt: erst die Klärung der Ziele erlaubt die sinnvolle Konstruktion von Aufgaben.

Aufgaben und Unterrichtsskript

Wenn im Zusammenhang von Aufgaben zunächst von Überprüfen die Rede ist, so stellt dies doch nur einen (wenn auch wichtigen) Aspekt dar. Mindestens ebenso wichtig ist die Rolle von Aufgaben in einem neuen Unterrichtsskript.

Die Notwendigkeit, eine neue „Aufgabenkultur“ zu entwickeln, wurde bereits zu Beginn der SINUS-Modellversuche konstatiert. Zwar bezog sich diese Forderung zuerst auf den Bereich der Mathematik; hier sollte das Üben und Festigen von Rechenfertigkeiten zumindest ergänzt werden durch kognitiv anspruchsvolle Problemstellungen, bei denen die Schülerinnen und Schüler zu eigenen Modellierungen herausgefordert würden. Bald aber griff die Idee von einem vermehrten Einsatz von Aufgaben im Unterricht auch auf die Naturwissenschaften über.

Von dieser Idee zu einer wirklichen „Aufgabenkultur“ im Chemieunterricht ist es indes ein weiter Weg. So sehr es einleuchtet, dass man mit Aufgaben im Unterricht wichtige Teile des Lernprozesses in die Hände der Schülerinnen und Schüler legt, so schwierig ist die Bestimmung geeigneter Aufgaben-Formate, die Abgrenzung der Fragestellungen, die Sicherung der Lernvoraussetzungen und manchmal auch die beratende Begleitung. Mit dem Einsatz von Aufgaben als Unterrichtselement werden auch Probleme sichtbar, die im fragend-entwickelnden Unterricht oft verdeckt bleiben, besonders die große Heterogenität der Lerngruppen. Wie aber könnte man Aufgaben formulieren, die die Leistungsfähigen in der Klasse ebenso herausfordern wie die schwächeren Schü-

lerinnen und Schüler? Woran muss man die Anforderungen orientieren? Welche Hilfen soll man geben?

Andererseits entlasten Aufgaben auch die Arbeit im Klassenraum. Man darf sich zumindest für eine kurze Zeit aus der Rolle im Zentrum des Gesprächs zurückziehen, kann sich einzelnen Schülerinnen und Schülern widmen, kann erfahren – und zwar meist besser als in der Frontalsituation –, welche Probleme und Verständnishürden bei Einzelnen vorhanden sind, kann aus der Rolle des Instruktors in die des Beraters schlüpfen. Damit sind Aufgaben zwar noch kein Diagnose-Instrument, wie es gelegentlich gefordert wird, zumindest aber erlauben sie einen direkteren Blick auf die Lernarbeit der Gruppe und unterstützen eine realistische Einschätzung des Leistungsvermögens.

Aufgaben und Lernen

Die Verlagerung der Lernarbeit in Aufgaben hinein hat auch noch ganz andere Effekte: Zum einen werden alle Schülerinnen und Schüler zu kognitiver Tätigkeit herausgefordert, zum anderen wird die Situation auch von der Aura latenter Überprüfung entlastet.

Besonders der letztgenannte Aspekt spielt vermutlich eine größere Rolle, als wir bisher glaubten. Der vor drei Jahren verstorbene Direktor des Max-Planck-Instituts für Psychologische Forschung in München, Franz E. Weinert, hatte bereits seit langem angemahnt, Lern- und Prüfungssituationen möglichst deutlich zu trennen. Seine Untersuchungen hatten eindeutig gezeigt, dass das Gefühl, in nahezu jeder Situation bewertet zu werden, die Auseinandersetzung mit Inhalten und Problemfragen massiv behindert. Eine Hinwendung zur Sache, so seine Botschaft, sei erst dann wirklich möglich, wenn Lernsituationen unbelastet sind von dem Gefühl, sich stets unter wertender Beobachtung zu befinden.

Aufgaben können hier zumindest partiell entlastend wirken, denn mit einer Aufgabe überantwortet man ja tatsächlich einen Teil des Lernprozesses den Schülerinnen und Schülern, fordert ihre Verantwortung für das eigene Lernen heraus und unterstützt damit mittelfristig auch ihre Fähigkeit der Selbstregulation. Wenn Aufgaben aber in dieser Weise

wirksam werden sollen, müssen sie sich in ihrer Struktur, in ihrem Format, deutlich von Prüfungsaufgaben unterscheiden. PISA-Aufgaben taugen in dieser Hinsicht nur begrenzt als Beispiel: Zwar können sie zum Verständnis dessen beitragen, welcher Art die Kompetenzen sein sollen, die Schülerinnen und Schüler im Sinne naturwissenschaftlicher Grundbildung erwerben sollen, sie bleiben aber ihrem Wesen nach Testaufgaben. Lernaufgaben sind anders, nicht unbedingt der Fragestellung nach, aber sicher in der Art der Hilfen.

Aufgaben können darüber hinaus noch eine Reihe anderer wichtiger Funktionen erfüllen, erwähnt seien z.B. Aufgaben mit Anforderungen an die Kooperationsfähigkeit der Lernenden, dies aber soll nicht Gegenstand dieser Einführung sein, sondern bleibt den Autorinnen und Autoren vorbehalten, die von ihren praktischen Erfahrungen berichten und ihre Absichten und Reflexionen über ihre ganz speziellen Aufgaben berichten. Wie immer haben die Darstellungen weniger Rezeptcharakter sondern sollen vielmehr Anregungen darstellen für die eigene Auseinandersetzung mit diesem vielseitigen Element des Chemieunterrichts.

Die Beiträge im Einzelnen

Eine Übersicht zur Bedeutung und Funktion von Aufgaben geben die Basisartikel von V. Woest und T. Freiman, welche sich – systematischer als diese Einführung – mit den unterschiedlichen Aufgabenformaten und ihrer Rolle im Chemieunterricht auseinandersetzen. Sie markieren dabei einerseits theoretische Bezugspunkte und erläutern sie an Beispielen, auf der anderen Seite sparen sie nicht mit unterrichtspraktischen Hinweisen, wie denn Aufgaben in der Unterrichtsrealität zu platzieren seien.

Der erste Block von Beiträgen im Praxisteil dieses Heftes hat mit Aufgaben zu tun, die zur experimentellen Bearbeitung aufrufen. Dass man es keineswegs bei der bekannten Form der praktischen Schülerübung belassen muss, zeigen gleich fünf Artikel. Mit ihrem Vorschlag, die Schülerinnen und Schüler im Anfangsunterricht einen „Laborführerschein“ machen zu lassen, steuern B. Arends und C. Lengen-Mertel unmittelbar eine größere Selbstständigkeit

der Lernenden an. H. Schmidkunz stellt eine Reihe interessanter Fragen zur Kerze, die sämtlich experimentell gelöst werden können, und zwar ebenfalls in einer sehr frühen Phase des Chemieunterrichts. Während es bei den Kerzen-Aufgaben um die eigenständige Planung von Experimenten geht, gehört die von P. Schütte vorgeschlagene Analyse von Alkalihalogeniden eher zu den Standarduntersuchungen im Bereich der Chemie. Interessant ist hier aber die Verknüpfung einer Übungsphase mit einer ebenfalls experimentellen Leistungsüberprüfung. Wettbewerbe schließlich leben von Aufgaben: Das zeigt zum einen H. Frank, der Aufgaben für einen Jahrgangsumfassenden „Formel-C-Tag“ vorstellt – mit einer Reihe angeleiteter Forschungsfragen für alltägliche Chemikalien –, wie auch H. Wambach, der für die Leserinnen und Leser verschiedene Wettbewerbe unter die Lupe genommen hat, deren Aufgaben sich gleichermaßen für einzelne Teilnehmer wie auch für den Unterricht eignen.

Im zweiten Teil des Heftes geht es um „Offene Aufgaben“. Wenn Schülerinnen und Schüler, so der Tenor der vier Artikel, mehr als bisher lernen sollen, naturwissenschaftlich relevante Probleme selbst zu erkennen und sie zumindest im Ansatz eigenständig zu strukturieren, dann müssen sie zumindest gelegentlich mit offeneren Fragestellungen konfrontiert werden. V. Woest und I. Eilks geben eine Übersicht, welche Wege zu einem entsprechend offenen Chemieunterricht führen können, O. Wißner entfaltet eine Strategie zur Öffnung von Aufgaben und führt anregende Beispiele vor, gemeinsam mit C. Schaar stellt V. Woest Orientierungsaufgaben aus dem Umfeld der Thüringer Lehrpläne mit Grundbildungsorientierung vor, und schließlich fragen V. Hofheinz, J. Schmitz und M. Gröger „Rotwein in der Schule?“ Dabei geht es natürlich nicht um den Konsum von Alkohol während der Unterrichtszeit, sondern vielmehr um die Bewertung von Informationen über mögliche physiologische und medizinische Effekte des mäßigen Rotweingenußes, mithin um eine Anwendung gleich mehrerer Formen naturwissenschaftlichen Arbeitens.

Der dritte Teil dieses Heftes widmet sich schwerpunktmäßig methodischen Aspekten, zum einen speziellen Formaten von Aufgaben und ihrer Ausgestaltung, zum anderen ihrer Einbettung in

den Unterricht. Dass man auch das Erstellen von Versuchsprotokollen als Aufgabe entwickeln kann, zeigen eindrucksvoll T. Witteck und I. Eilks; einen besonderen Reiz hat dabei ihr Lernarrangement, das mit kooperativen Elementen in gewisser Weise die Einigung von Naturwissenschaftlern auf eine bestimmte Sicht der Dinge nachbildet.

Ebenfalls auf die Arbeit in Gruppen setzt der Vorschlag von P. Bojko und V. Woest, bei dem es am Beispiel „Duft und Aromastoffe“ um die Bearbeitung von Teilthemen geht, die anschließend in die Gestaltung von Stationen für einen Lernzirkel münden sollen.

Von T. Freiman kommt ein Erfahrungsbericht, wie man den Unterricht zu Säuren und Basen aufgabengestützt gestalten kann und wie Schülerinnen und Schüler Ergebnisse aus einer Aufgabe dann zur Lösung von weiteren Aufgaben anwenden können.

Eine vermutlich chancenreiche Methode, Aufgaben durch heterogene Lerngruppen bearbeiten zu lassen, stellt W. Habelitz-Tkocz vor. Ihre gestuften Lernhilfen können von den Lernenden immer dann in Anspruch genommen werden, wenn ihnen die nächste Hürde bei der Bearbeitung einer Aufgabe als allzu hoch erscheint. Mit wohl dosierter Unterstützung konstruieren ihre Schülerinnen und Schüler so ein „Einmal-Wärmekissen“.

Auch der folgende Beitrag stellt ein Methodenwerkzeug ins Zentrum: Mittels eines „Kugellagers“ kann, wie T. Witteck, G. Leerhoff, B. Most und I. Eilks beschreiben, nicht nur der Austausch von Informationen bewerkstelligt werden, die die Schülerinnen und Schüler zu einem Thema aus dem Internet gefunden haben; eine entsprechend formulierte Aufgabe fordert von den Lernenden zielgerichtete Recherche, Durcharbeiten der erhaltenen Informationen und Weitergabe in eigenen Worten innerhalb eines zeitlich und organisatorisch klar abgesteckten Rahmens. Ähnlich wie Kugellager sind auch Lernzirkel bereits seit einiger Zeit im Chemieunterricht anzutreffen. Ein Beispiel mit acht Lernstationen, die jeweils deutlichen Aufgabencharakter besitzen, schlagen D. Wurm und V. Woest vor, erprobt im Schülerlabor der Universität Jena, das sowohl vom Land Thüringen wie auch vom Fonds der Chemischen Industrie unterstützt wird.

„Nimm das Modell zur Hand und leite die Formel ab“, so lautet die Aufgabe von H.-D. Barke, die er an seine Schülerinnen und Schüler stellt. Modelle ermöglichen es den Schülerinnen und Schülern, Vorstellungen über den Feinbau der Materie zu entwickeln und die zugehörigen Begriffe zu klären und weiter zu entwickeln.

Eine Modellierungsaufgabe ganz anderer Art hat mit dem tropischen Regenwald zu tun (L. Stäudel). Ob jener wirklich ein Netto-Sauerstoffproduzent ist, kann, wie der Beitrag zeigt, aus der Fotosynthese Gleichung und den Randbedingungen eines nährstoffarmen Bodens erschlossen werden.

Als „Lernen an der guten Lösung“ könnte man den Vorschlag von W. Pöpping und I. Melle bezeichnen, die vorschlagen, Schülerinnen und Schüler mit Beispiellösungen zu gegebenen Aufgaben zu konfrontieren. Im Zuge der Rekonstruktion des vorgegebenen Lösungsweges bleibt es keineswegs nur beim Nachvollzug, vielmehr werden (implizit) Lösungsstrategien vermittelt, Textverständnis gefördert und Eigenaktivität beim Umgang mit der Vorlage provoziert.

Seinen Abschluss findet der dritte Teil des Aufgabenheftes mit zwei eher reflektierenden Beiträgen (Stäudel). Zum einen wird ein Blick zurück geworfen auf „Aufgaben vor PISA“, deren vom jeweiligen Zeitgeist geprägte Kontexte und darauf, wie sich heutige Aufgaben in Schulbüchern darstellen. Zum anderen wird dem Leser/der Leserin ein Analyseinstrument anempfohlen, das sich in anderen Zusammenhängen bereits gut bewährt hat: Eine Analyse-Spinne, ähnlich einer Zielscheibe, mit deren Hilfe überprüft werden kann, was es mit den eigenen Aufgaben für den Unterricht auf sich hat, ob sich die eigenen Ziele in den gestellten Aufgaben tatsächlich materialisieren – oder ob die Botschaften von Unterricht und Aufgaben doch eine verschiedene Sprache sprechen.

Die Auseinandersetzung mit Aufgaben für den Chemieunterricht steht noch in den Anfängen, aber die ersten Schritte auf diesem Wege sind ausgesprochen ermutigend.

► Dr. Lutz Stäudel, wiss. Mitarbeiter in der Chemiedidaktik an der Universität Kassel
Heinrich-Plett-Str. 40, 34109 Kassel
lutzs@uni-kassel.de ◀

Aufgabenformate

Von Volker Woest

Jeder Unterrichtsalltag wird durch Aufgaben wesentlich bestimmt. Der Lehrende ist ständig gefordert, Aufgaben zu entwickeln, zu formulieren und zu analysieren, um sie dann im Unterricht einzusetzen. Dabei stellen sich jedem „Aufgabensteller“ täglich Fragen, die beachtet werden wollen:

- Ist die Aufgabe so formuliert, dass sie der Lernende versteht?
- Reicht das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aus?
- Ist die Aufgabe zu schwer oder zu leicht?
- Was sind „wichtige“, „gute“ und „attraktive“ Aufgaben?
- Entsprechen die Aufgaben meinen Zielstellungen?
- Welche didaktische Funktion erfüllen die gestellten Aufgaben im Unterrichtsgang?
- An welcher Stelle des Lernprozesses setze ich die Aufgabe ein?
- Wie kann ich die Vielfalt meiner Aufgaben erweitern?

Die Funktion von Aufgaben

In der Pädagogik werden Aufgaben zu meist wie folgt beschrieben:

„Im Unterrichtsablauf und Unterrichtsgeschehen stellt die Aufgabe im Allgemeinen ein wesentliches Mittel zur Vertiefung, Übung und Intensivierung der dargebrachten Stoffe dar. Sie kann, entsprechend ihrem Aufbau, Inhalt und ihrer Zielgerichtetheit initiieren, motivieren, stimulieren, Anregung zur Spontaneität geben und den Schüler reaktivieren, sie kann aber auch durch überhöhte Forderungen, nicht genau geplantes Einfügen in den Unterrichtsprozess Frustration, Ablehnung oder Gleichgültigkeit hervorrufen. Der Arbeits- und Lernfortschritt, die Leistungsbeobachtung und der jeweilige Leistungsstand der Schüler sind Voraussetzungen zur Aufgabenplanung und -erstellung.“ [1, S. 40]

Im Chemieunterricht werden Aufgaben in vielfältigen didaktischen Zusammenhängen genutzt: Mit ihnen wer-



Foto: dpa

Aufgaben gehören zum Alltag im Chemieunterricht und fördern den Lernprozess

den Unterrichtsinhalte entwickelt und strukturiert, indem beispielsweise Probleme gelöst oder Hilfestellungen zur Unterstützung des problemorientierten, naturwissenschaftlichen Vorgehens angeboten werden. Aufgaben sind einerseits ein Mittel zur Aneignung von Wissen und Können (Lern- bzw. Arbeitsaufgaben), daneben werden sie zur Diagnose des Verlaufs und des Ergebnisses von Lernprozessen (Testaufgaben) eingesetzt.

In den entsprechenden Unterrichtsphasen kommt den Aufgaben eine wichtige Funktion zu. Beim Einstieg in ein neues Thema beinhalten sie interessante Fragestellungen, die die Erfahrungs- und Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen, so dass sie möglichst motivierend wirken. In der Erarbeitungsphase verbinden Aufgaben Lehrbuchwissen mit Anwendungssituationen, wobei sie helfen, Begriffe oder Regeln zu verstehen, um den richtigen Gebrauch des neuen Wissens zu ermöglichen. Bei der Übung dienen sie der Festigung und dem Transfer. Für die naturwissenschaftlichen Fächer kommt hinzu, dass Aufgaben im experimentellen Bereich eine Reihe für den naturwissenschaftlichen

Unterricht spezifischer Unterrichtsziele eröffnen [vgl. 2].

Die Weiterentwicklung und Veränderung der Aufgabenkultur ist sicherlich „im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich ein didaktisch-methodisches Schlüsselinstrument“ [3] die durch die internationalen Vergleichsstudien (TIMSS, PISA) beschriebenen Defizite zu beheben, da es den Anschein hat, dass es gerade um die deutsche Aufgabenkultur nicht gut bestellt ist. Nachdenken über Aufgabenkultur heißt dann Nachdenken über die Aufgabenfunktionen und die durch sie initiierten Lernprozesse. Daneben müssen Ansprüche an „gute Aufgaben“ formuliert werden, die einer allseits geforderten „modernen Lernkultur“ genügen. [vgl. 4]

Aufgaben zwischen gestern und heute

Ein Blick in die Geschichte zeigt, dass es zu allen Zeiten Aufgaben gegeben hat, da das Lernen auch das Mittel, an welchem gelernt werden kann, voraussetzt. Von Anbeginn dominiert die niedergeschrie-

bene Lernanweisung, zumeist in Buchform den Schulunterricht. Aber schon Comenius reagierte auf die mittelalterliche Buchgelehrsamkeit, indem er daneben die „Realen Gegenstände“ als neue Art von Lehr- und Lernmitteln für die Schule einforderte, die mit entsprechenden Arbeitsaufträgen und Aufgabenstellungen verbunden werden sollten.

„Dieser Realismus der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts führt beim Pietismus und in dessen Gefolge in den neu entstehenden Realschulen zu ersten Lehrmittelkabinetten mit Geräten, Modellen und Naturaliensammlungen. Weitere wichtige Etappen sind dann Pestalozzi mit seiner Elementarmethode und seinen Anschauungsmitteln, Herbarths Lehr- und Lernmittel für den darstellenden Unterricht.“ [5, S. 175]

In dieser Tradition ist auch die Methode des Chemieunterrichts nach Rudolf Arendt im 19. Jahrhundert zu sehen, für dessen methodischen Lehrgang die Aufgaben und Übungen ein wesentliches Hilfsmittel sind, die durchgenommenen Inhalte zu wiederholen. Daneben sollen die Aufgaben der Lehrkraft zeigen, in welchem Maße die Schülerinnen und Schüler den Stoff beherrschen und inwieweit sie in der Lage sind, ihnen unbekannte Transferaufgaben zu lösen.

„Im Gegensatz zu den für die systematische Methode typischen stochiometrischen Aufgaben, denen ARENDT jeden Wert zur Übung und Einprägung des Gelernten abspricht, bezieht er die Aufgaben auf die Reaktionen. Die Schüler sollen durch Analogiebildungen Reaktionen erklären können, die sie noch nicht kennengelernt haben.“ [6, S. 20]

Gegen diese Lernschule richtete sich in Deutschland mit Beginn des 20. Jahrhunderts vor allem die Arbeitsschulbewegung.

Während Kerschensteiner die manuelle Seite der Arbeit an Aufgaben im Unterricht betonte, sah Gaudig in der prinzipiellen Förderung der Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler eine Möglichkeit, selbstbestimmtes Lernen auszulösen. Die Arbeitsgänge mit den dabei einhergehenden Aufgaben waren in seiner „Freien geistigen Schularbeit“ durch ein mehrstufiges Vorgehen (Zielsetzung – Wahl der Mittel zur Lösung – Planung der Lösung – Ausführung der Arbeitsschritte – Überprüfung der Ergebnisse) gekennzeichnet. Das passive und rezept-

Kategorie

Art des Lösungsweges

Art der Antwortmöglichkeit

Offenheit

Kompetenzstufen

Anforderungsmerkmale

Unterscheidung

Experimentelle Bearbeitung
Rechnerische Bearbeitung
Theoretische Bearbeitung

Multiple choice Aufgaben
Kurzantwort-Aufgaben
Aufgaben mit umfangreicher Antwort

Zulassen mehrerer Lösungswege
Verschiedene Lösungsmöglichkeiten und Angeben von Alternativen
Lösungsweg ist vorgegeben

Anwenden von Alltagswissen
einfaches Erklären von Phänomenen
Anwenden von Gesetzen und Faktenwissen
Anwenden von Verfahren und Modellvorstellungen
Argumentieren und Problemlösen
Überwinden von Fehlvorstellungen

Kenntnis von Definitionen und Gesetzen
Qualitatives Begriffsverständnis
Rechenfertigkeiten
Interpretation von Diagrammen
Textverständnis
Visuelles Vorstellungsvermögen
Fähigkeiten des Problemlösens
Verständnis funktionaler Zusammenhänge
Kenntnis älterer Unterrichtsinhalte
Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen

Tab. 1: Aufgabentypen in Anlehnung an [2]

tive Lernen sollte so durch ein eigen-schöpferisches und auf Aktivität beruhendes Lernen ersetzt werden.

Aus der Lern- wurde eine Arbeits-schule; so wie sich die Lernmittel in Arbeitsmittel verwandelten, wurden aus den Lernaufgaben die Arbeitsaufgaben. Diese sind – in Anlehnung an P. Petersen – Lerngegenstände, die mit möglichst eindeutiger didaktischer Absicht geladen sind, damit sich die Schülerinnen und Schüler frei und selbstständig bilden können. Dazu müssen die Arbeitsaufgaben Anreize enthalten, sich mit ihnen zu beschäftigen, sie müssen Hinweise auf Lösungen enthalten, so dass eine selbstständige Kontrolle möglich ist, und sie müssen Wiederholungen und Weiterführungen enthalten, um ein Weitergehen im Lernen zu unterstützen.

Die reformpädagogischen Bestrebungen setzten sich – insbesondere in den naturwissenschaftlichen Fächern – nicht durch. Es herrscht auch heute noch ein stark an behavioristischen Theorien orientiertes Verständnis von Lernprozessen

vor, das das Bearbeiten bzw. Lösen von neuen Aufgaben hauptsächlich auf die Verknüpfung mit vergangenen Aufgaben zurückführt, wobei in hohem Maße auf die Aufgabe anwendbare Gewohnheiten nutzbar gemacht werden. Lernen mit Aufgaben kann in diesem Sinne vor allem durch Üben erreicht werden.

„Es handelt sich dabei um einen Konditionierungsprozess, der darauf abzielt, spezifische Verhaltensweisen intensiv zu trainieren. Durch eine wiederholte Präsentation von ähnlichen Aufgaben mit identischen Elementen wird die Anwendung eines Gesetzes als Reaktion auf die als Reizsituationen wirkenden Aufgaben konditioniert.“ [7, S. 42]

Ein solcher Lernbegriff leistet dem „mechanischen Lernen“ Vorschub. TIMSS und PISA zeigen, dass Schülerinnen und Schüler durch mechanisches Einüben eines Lösungsweges an mehreren ähnlichen Beispielaufgaben ein „Denkmuster“ erwerben, das sie „blind“ und unfähig macht, neue Aufgaben auf anderen bzw. eigenen Wegen zu lösen.

Offene Aufgaben

Weder Schüler noch Lehrer kennen die möglichen Antworten bzw. Aufgabenlösungen

Gestaltungsaufgaben:	Es wird eine Aufgabe gestellt, ohne dass das Ziel exakt vorgegeben wird.
Deutungsaufgaben:	Etwas Vorgegebenes soll interpretiert werden.
Assoziationsaufgaben:	Assoziationen werden abgefragt.

Halboffene Aufgaben

Die erwarteten Antworten sind dem Lehrer bekannt, nicht aber den Schülern.

Ergänzungsaufgaben:	Lückentexte, Lückentabellen, Beschriftung von Zeichnungen, etc.
Substitutionsaufgaben:	Vorgegebene Informationen sollen durch bessere ersetzt werden.
Aufbauaufgaben:	Aus vorgegebenen Elementen soll eine Information selbst aufgebaut werden.
Umbauaufgaben:	Vorgegebene Elemente müssen umgestellt werden.

Geschlossene Aufgaben

Der Lehrer kennt die Lösung. Die Schüler sehen alle Lösungselemente vor sich.

Identifikationsaufgaben:	Aus gegebener Information sind bestimmte Elemente herauszufinden.
Alternativwahlaufgaben:	Aus verschiedenen Antwortalternativen muss die richtige ausgewählt werden.
Ergänzungswahlaufgaben:	Der Schüler entscheidet sich für eine vorgegebene Ergänzung zu einem Lückentext.
Substitutionswahlaufgaben:	Eine Fehlinformation muss durch eine andere Information ersetzt werden, die aus mehreren vorgegebenen Informationen ausgewählt wird.
Erweiterungswahlaufgaben:	Der Schüler muss sich für eine vorgegebene Informationserweiterung entscheiden.
Zuordnungsaufgaben:	Vorgegebene Elemente müssen einander zugeordnet werden.
Umordnungsaufgaben:	Vorgegebene Elemente müssen umgeordnet werden.

Tab. 2: Systematische Auflistung verschiedener Aufgabentypen

Aufgabentypen

Neben der Einteilung nach Unterrichtsphasen lassen sich Aufgaben auch nach anderen Gesichtspunkten klassifizieren (vgl. **Tab. 1**).

Für das Finden neuer Aufgabenstellungen in der Praxis ist die systematische Auflistung verschiedener Aufgabentypen nützlich, die Graf [8] entwickelt hat (vgl. **Tab. 2**).

Diese Aufgabentypen sind zur Überprüfung des Beherrschens unterschiedlicher kognitiver Fähigkeiten in unterschiedlichem Maße geeignet. Während halboffene und geschlossene in erster Linie das Wissen über Einzelheiten und den zugeordneten Fachtermini (Begriffe, Aussagen, Definitionen) überprüfen, thematisieren offenere Aufgabentypen auch das Verstehen von Zusammenhängen und Prozessen, so dass zunehmend Probleme gelöst, theoretische Modelle entwickelt und komplexe Sachverhalte rational bewertet werden können. Werden Aufgaben zur Leistungsüberprüfung

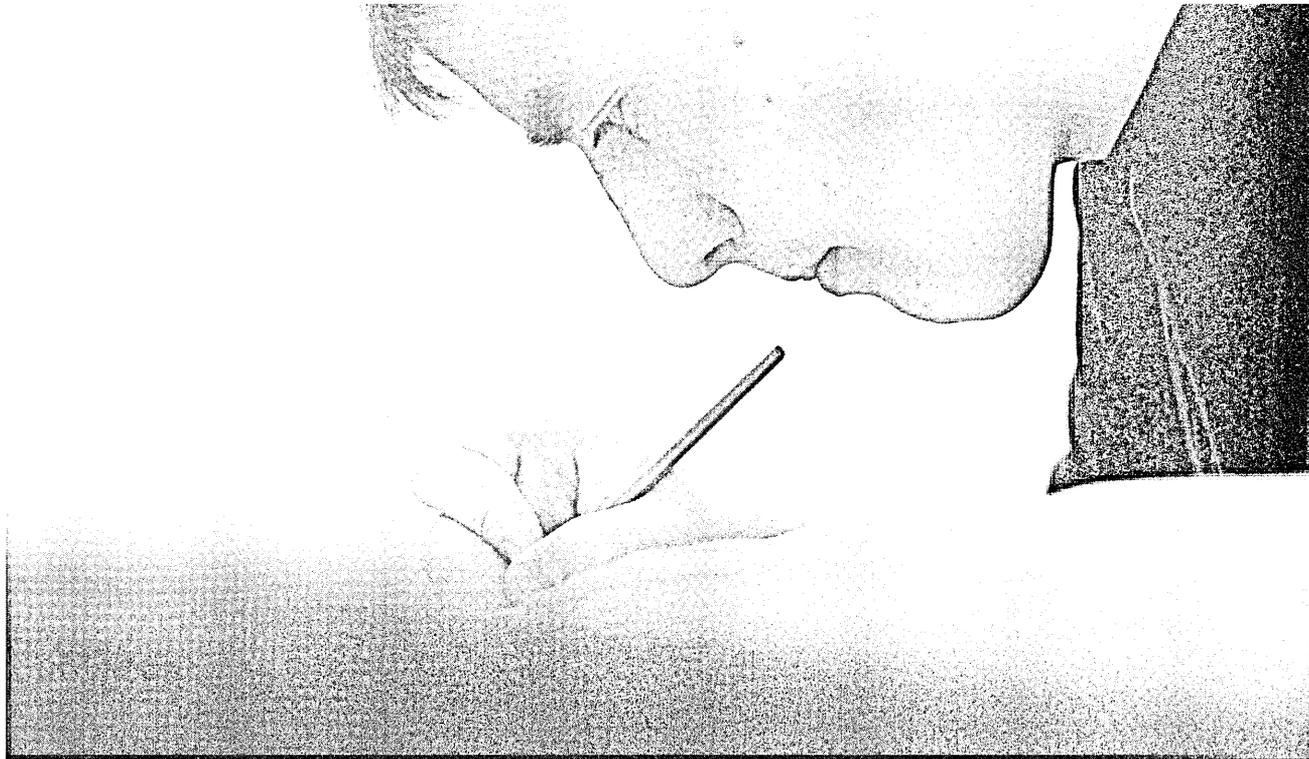
(Klausur, Test) eingesetzt, muss bedacht werden, dass gebundene und freie Aufgaben Vor- und Nachteile haben [vgl. 9, S. 196 f]. Während gebundene Aufgaben (z. B. Mehrfachwahlaufgaben) in der Auswertung ökonomisch zu handhaben sind, kann das objektive Leistungsbild durch Raten der Schülerinnen und Schüler verzerrt werden. Freie Aufgaben verfälschen das Leistungsbild insofern, als sprachliche Schülerfähigkeiten mitgeprüft werden.

Die PISA-Aufgaben zeigen, dass die den Rahmen bildenden Vorgaben im Spannungsfeld offen-geschlossen sowohl hinreichend klar sein als auch hinreichend Spielraum eröffnen müssen. Klarheit meint hier, dass die Lernenden wissen, was sie tun sollen; Spielraum bedeutet, dass ein interner Entscheidungsprozess beim Aufgabenlöser angestoßen wird. So ist davon auszugehen, dass zu wenig Vorgaben bestimmte Antworten nahe legen bzw. suggerieren. Nach Köster [10, S. 94] „kommt also alles darauf an, die Vorgaben so zu formulie-

ren, dass sie das größtmögliche Maß an Produktivität freisetzen. Grundlegende Voraussetzung dafür wären Aufgaben, die das „desire to find things out“ entfachen. Begünstigt wird dieses Begehren durch Aufgaben, die das In-Beziehung-Setzen von Information und das dialogische Denken stimulieren.“

Ein möglicher Weg für den Chemieunterricht ist der Einsatz von Begründungsaufgaben. Diese sind so konstruiert, dass für eine „Tatsachenbehauptung“ eine Begründung formuliert wird. Zu diesem Sachverhalt müssen die Schülerinnen und Schüler eine Entscheidung treffen, ob die isoliert betrachtete Behauptung richtig oder falsch ist bzw. ob Behauptung und Begründung logisch zusammenhängen.

„Solche Aufgaben lassen sich gut unterrichtlichen Bedingungen und Entscheidungen anpassen. Die Einschätzung des Begründungszusammenhangs erfordert höhere Denkleistungen und es werden ansatzweise die Kognitionen der Schüler deutlich.“ [9, S. 197]



Aufgaben – Mittel zur Überprüfung des Lernerfolgs

Ansprüche an gute Aufgaben

Bereits im Jahre 2000 forderte der Verein zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU) in seinen Empfehlungen „Chemieunterricht der Zukunft – Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung“ [11], dass die jeweilige Bedeutung für und der Anteil am Prozess des Lernens bei Aufgaben prinzipiell bedeutsamer werden muss. Der Unterrichtsablauf selbst bzw. die gesondert angesetzten Verfahren der schriftlichen und mündlichen Überprüfung sollen unterschiedliche Aufgabenstellungen und Aufgabenformate beinhalten. Da Aufgaben immer entweder der Überprüfung des Lernerfolgs oder der Förderung des Lernprozesses dienen, sollte die Lehrperson bewusst darauf achten, diese beiden Aspekte im Unterricht strikt zu unterscheiden. Außerdem verweisen die Empfehlungen auf Anforderungen an Aufgaben, die den Lernprozess fördern und die an Aktualität nicht verloren haben. So soll bei der Konstruktion von Aufgabenstellungen beachtet werden, dass

... die unterschiedlichen Voraussetzungen der Lernenden berücksichtigt werden.

... die Zuordnung zu einem bestimmten Abschnitt des Lernprozesses erkennbar ist.

... die Lernenden verstärkt Lösungswege und alternative Lösungsstrategien suchen und entwickeln können.

... die Ergebnisse der Lernprozesse angemessen dargestellt und adressatenbezogen vermittelt werden können.

Diese Forderungen an gute Aufgaben für den Chemieunterricht werden in den nächsten Jahren auch die Arbeiten an einem „Kerncurriculum Chemie“ und den entsprechenden „Standards“ bestimmen, da die vielfältigen Möglichkeiten der Gestaltung und des Einsatzes von Aufgaben bislang in der Praxis nicht ausgeschöpft wird. So weisen Sumfleth, Melle und Parchmann zurecht darauf hin, dass „*offene Aufgaben, die die Lernenden zum eigenen Formulieren von Fragen, zu be-*

gründeten Hypothesen und zur Planung eigener Untersuchungen anregen, [...] derzeit kein Standardelement zur Gestaltung von Chemieunterricht [sind].“ [12, S. 164]

Die in vielen Fällen vorzufindende kleinschrittige, fragend-entwickelnde Unterrichtspraxis und die ausgesprochen starke Vorstrukturiertheit in den Unterrichtsinhalten und -zielen verhindern einen häufigeren Einsatz.

allgemein

1. Lies dir die Seite ganz durch – verschaffe dir einen Überblick.
2. Stelle zu jedem Abschnitt eine Frage und schreibe sie auf.
3. Versuche nun, deine Fragen im Kopf zu beantworten.
Lies die einzelnen Abschnitte noch mal genau durch. Findest du einen Hinweis auf ein Bild, dann schau es dir sofort an.
4. Schreibe die wichtigste Aussage des Textes auf.

naturwissenschaftlich – technisch

1. Lies dir die Seite ganz durch – verschaffe dir einen Überblick.
2. Sieh dir die Überschrift an und suche die wichtigste Aussage heraus, die zur Überschrift passt. Es ist der Kernsatz. Unterstreiche den Kernsatz doppelt.
3. Suche jetzt Aussagen, die wichtig, aber nicht so wichtig wie der Kernsatz sind. Unterstreiche diese Aussagen einfach.
4. Suche nun Aussagen, die Einzelheiten oder Beispiele betreffen und unterstreiche sie gestrichelt.
5. Unwichtige Aussagen werden nicht unterstrichen. Sie gehören in den „Abfalleimer“.

Tab. 3: Methoden zur einer Verbesserung der Lernergebnisse

„Die Gestaltung von Aufgaben muss also unter der Perspektive einer gezielten Schulung und Diagnose von Kompetenzen erfolgen. Erst ein in dieser Art und Weise differenziertes System ermöglicht eine gezielte Rückmeldung über Erfolg und/oder Optimierungsbedarf des Unterrichts, und zwar sowohl für die Lernenden als auch für die Lehrenden.“ [12, S. 164]

Wie ein solches Vorgehen aussehen könnte, wird mit den aus dem Thüringer Kompetenzmodell abgeleiteten Bewertungsraaster und den drei Beispielaufgaben (s. **Kasten**) dargestellt.

Verstehen von Aufgaben

Das Aufgabenverständnis ist eine entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Beschäftigung der Lernenden mit Aufgaben im Unterricht. Ein großes Problem ist dabei die Lesekompetenz, da Aufgaben zumeist schriftlich formuliert werden. Erfahrungen zeigen, dass Schülerinnen und Schüler sehr häufig Probleme beim Lesen und Verstehen von Texten in allen Unterrichtsfächern und allen Jahrgangsstufen haben. So ist die Entwicklung von Lesekompetenz nicht erst seit PISA eine wichtige Aufgabe aller Unterrichtsfächer.

Schülerinnen und Schüler haben insbesondere Schwierigkeiten, Wörter und Satzgruppen zu verstehen, weil sie sich aufgrund fehlender Erfahrungen die Bedeutung vieler Begriffe nicht erschließen können. Vor Beginn der Lösungsversuche sollte die Lehrkraft diese Schwierigkeiten aufgreifen und möglichst beheben. Dabei kann das Üben von Textbearbeitungsstrategien die Lesekompetenz entwickeln, so dass dann auch das Verstehen von Aufgaben, die an Texte gebunden sind, gefördert wird. **Tabelle 3** zeigt zwei Vorgehen, die im Unterricht leicht zu handhaben sind und die zu einer deutlichen Verbesserung der Lernergebnisse gegenüber nicht instruierten Schülerinnen und Schülern führen [vgl. 13, S.229 f].

Neben der Lesekompetenz hängt das Aufgabenverständnis auch eng mit dem Verstehen der Handlungsanweisungen (Operatoren) für das Bearbeiten von Aufgaben zusammen (**Tab. 4**).

Solche Operatoren werden zwar schon in der Grundschule bei vielfältigen Aufgabenstellungen im Mathematik- oder

Handlungsanweisung	Beschreibung
nennen/aufzählen	Sachverhalte erfassen und zusammenstellen
beschreiben	Sachverhalt ordnen und sprachlich darstellen
vergleichen	Verschiedene Sachverhalte gegenüberstellen, Gemeinsamkeiten und Unterschiede beschreiben
begründen	Beschreibung von Ursachen und Wirkungen, so dass Zusammenhänge erkennbar werden
kritisch einschätzen / abwägen / überprüfen	Sachverhalt von unterschiedlichen Positionen aus betrachten, positive und negative Aspekte aufzeigen und ein Ergebnis formulieren
beurteilen	Sachverhalte an Kriterien prüfen und eine Aussage über deren Richtigkeit oder Angemessenheit machen
zusammenfassen	Inhaltliche Schwerpunkte von Sachverhalten verdeutlichen
darstellen	Beziehungen oder Entwicklungen von Sachverhalten verdeutlichen

Tab. 4: Wichtige Operatoren für Aufgaben im Chemieunterricht [vgl. 14]

Sachkundeunterricht verwendet. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht nicht auf sie zurückgriffen werden kann. Die Operatoren müssen somit an entsprechenden Beispielaufgaben erarbeitet, geübt und kontinuierlich angewendet werden.

Aus Fehlern lernen

Mögen Aufgaben noch so gut überlegt und formuliert sein – Schülerinnen und Schüler machen bei ihrer Bearbeitung Fehler. Diese sollten als Lernchancen genutzt werden. Sie eröffnen eine ganze Reihe von Lernmöglichkeiten, durch die neue Fehler vermieden, Lücken und Unsicherheiten thematisiert, die Arbeitshaltung im Umgang mit Aufgaben verbessert und die richtigen Lösungsansätze begründet werden können. So sollte die Lehrkraft sich prinzipiell bemühen, Fehler zu akzeptieren, die Schülerinnen und Schüler ermutigen, selbst die Fehler zu suchen und dabei deren positive Bedeutung herauszustellen, so dass sich eine „Fehlerkultur“ im Unterricht entwickelt.

Der produktive Umgang mit Fehlern ist für den Erwerb variabler Such- und metakognitiver Kontrollstrategien bedeutsam. Aber die Lehrperson muss dem Lerner hilfreich zur Seite stehen und die begangenen Fehler nicht verurteilen, sondern ernst nehmen. Auch hierbei sollte die

Leistungsmessung möglichst klar vom Lernprozess im Unterricht abgetrennt werden, um einem permanenten Vermischen von Fehlermachen und Leistungsbeurteilung in Lernsituationen entgegenzuwirken. Wenn Lernen erfolgreich sein soll, dürfen die gleichen Fehler natürlich nicht immer neu begangen werden. Die Schülerinnen und Schüler müssen lernen, ihre Fehler zu durchschauen und in einen individuellen Lernzusammenhang zu stellen. Die folgenden Hilfen durch die Lehrperson haben sich dabei als sehr lernfördernd erwiesen:

„Die Rückmeldung sollte unmittelbar nach der Aufgabenstellung gegeben werden. Aus dem Feedback sollte eindeutig hervorgehen, ob die Lernenden die Aufgabe richtig oder falsch gelöst haben. Ebenso sollte die richtige Antwort mitgeteilt werden.“

Bei häufig vorkommenden typischen Fehlern sollte die Rückmeldung die Fehler mit korrekten Antworten kontrastieren, um die richtige Antwort zu stabilisieren.

Lernende sollten die Möglichkeit haben, vorher falsche oder unsicher gelöste Aufgaben erneut gezielt zu bearbeiten.“ [15, S. 245]

► 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 ◀

Bewertung nach dem Thüringer Kompetenzmodell

Mit den gültigen Lehrplänen von 1999 ist das Kompetenzmodell in den Thüringer Lehrplänen aller Schularten gesetzlich fixiert. Danach sollte jede Lernsituation so angelegt sein, dass in ihr neben der Sachkompetenz auch Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenzen gefördert werden. Da es Schwierigkeiten bereitet, bei der Bewertung von Schülerleistungen alle Kompetenzbereiche zu berücksichtigen, hat eine Arbeitsgruppe des Thüringer Instituts für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (ThILLM) ein Raster entwickelt, das ausgewählte Kriterien zur Bewertung aller vier Kompetenzbereiche umfasst und auf entsprechende Lernaufgaben angewendet werden kann. [1]

Die entwickelten Beispielaufgaben gehen von bestimmten Handlungssituationen aus. Darunter werden fächerübergreifende Aktionsformen des Unterrichts (z. B. Aufgaben lösen, Übersichten erstellen oder Fragen-/Aufgabenkatalog formulieren) verstanden, die Arbeitsaufträge und Handlungsanleitungen enthalten. Aufgabenstellung und Bewertung können mithilfe des vorgestellten Schemas transparenter und vergleichbarer werden. Drei Beispiele aus dem Chemieunterricht sollen dieses verdeutlichen.

Sachkompetenz	Methodenkompetenz	Selbstkompetenz	Sozialkompetenz
umfassendes Wissen zeigen/anwenden	Arbeitsschritte planen/ Was? Wer? Wann?	bereit sein, sich selbst Ziele zu setzen	mit anderen gemeinsam arbeiten
Resultate beurteilen und Inhalte gewichten	Informationen/Hilfsmittel effektiv nutzen	zielstrebig und ausdauernd arbeiten	Verantwortung übernehmen
sprachlich klar darstellen	Erkenntnisse/ Lösungs- wege strukturieren	sorgfältig arbeiten	kompromissbereit sein
Fachbegriffe korrekt verwenden	Planung/ Arbeitstechniken realisieren	Selbstkontrolle praktizieren/ auf Fragen reagieren	Selbstvertrauen zeigen/ Durchsetzungsvermögen beweisen
Transfer/Zusammenhänge herstellen	Ergebnisse übersichtlich präsentieren	Engagement zeigen	Rücksicht nehmen/ Hilfe leisten

Tab. 5: Raster zur Bewertung von Kompetenzen

[1] Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (ThILLM): Bewertung nach dem Kompetenzmodell. Material Heft 86. Bad Berka 2003

Literatur

- [1] Köck, P.; Ott, H.: Wörterbuch für Erziehung und Unterricht. Ludwig Auer GmbH, Donauwörth 1979
- [2] Fischer, H. E.; Draxler, D.: Aufgaben und naturwissenschaftlicher Unterricht. MNU 54/7 (2001), S. 388–393
- [3] Ralle, B.: Eine veränderte Aufgabenkultur als Herausforderung. MNU 54/7 (2001), S. 387
- [4] Langlet, J.; Freiman, T.: Aufgaben: im Handeln lernen. Unterricht Biologie 287/2003, S. 5–8
- [5] Döring, K. W.: Unterricht mit Lehr- und Lernmitteln. Verlag Julius Beltz Weinheim 1971
- [6] Gramm, A.; Just, N.: Aufbau und Methode des Chemieunterrichts nach Rudolf Arendt – Ein Beitrag zur Geschichte der Chemiedidaktik. *Chimica didactica* 12 (1986), S. 5–27
- [7] Fiedler, G.: Anwendungsaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht: theoretische Grundlagen, Entwicklung und vergleichende Evaluation eines Unterrichtskonzeptes zur Verbesserung der Anwendungsfähigkeit von Naturgesetzen. Verlag Peter Lang Frankfurt/M. 1991
- [8] Graf, D.: Welche Aufgabentypen gibt es! MNU 54/7 (2001), S. 422–425
- [9] Becker, H.-J.; Glöckner, W.; Hoffmann, F.; Jüngel, G.: Fachdidaktik Chemie. Aulis Verlag Deubner Köln 1992 (2. Aufl.)
- [10] Köster, J.: Textverstehensleistungen im Deutschunterricht – Klassenarbeiten als Diagnoseinstrument. In: K. Petzold, V. Woest (Hrsg.): Leistung und Leistungsbe-
- wertung. Zentrum für Didaktik der FSU Jena 2003, S. 83–121
- [11] Chemieunterricht der Zukunft – Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung. MNU 53/3 (2000), Beihefter
- [12] Melle, I.; Parchmann, I.; Sumfleth, E.: Kerncurriculum Chemie. MNU57/3 (2004), S. 160–166
- [13] Bleichroth, Dahncke, Jung, Kuhn, Merzyn, Weltner: Fachdidaktik Physik. Aulis Verlag Deubner & CO KG. Köln 1991
- [14] Graf, E.: Aufgaben gut stellen und richtig beantworten. NiU-Chemie 11 (2000) Nr. 56, S. 35–38
- [15] Chott, P. O.: Ansätze zur Entwicklung einer „Fehlerkultur“ in der Schule. PÄD Forum 1999, S. 238–248

BEISPIELE

Chemie / Klasse 8

▼ AUFGABE

Erstelle einen Fragen- und Aufgabenkatalog zum Thema „Das Element und der Stoff Kohlenstoff“! Bearbeite dazu folgende Schwerpunkte: Atombau, Vorkommen in der Natur, Modifikationen, Aufbau, Eigenschaften und Verwendung!

Handlungsanleitung:

1. Sammle Material und ordne es den Schwerpunkten zu!
2. Formuliere zu jedem Schwerpunkt mindestens 2 Fragen oder Aufgaben!
3. Überprüfe, ob die Fragen/Aufgaben das Wichtigste erfassen!
4. Bringe die Fragen/Aufgaben in eine logische Reihenfolge! Schreibe sie auf und achte auf die äußere Form!
5. Kontrolliere die Eindeutigkeit deiner Fragen/Aufgaben, indem du sie selbst übersichtlich, sauber und vollständig beantwortest!
6. Du hast 4 Unterrichtsstunden Zeit!
7. Als Hilfsmittel sind Hefter, Lehrbuch ... zugelassen.

▼ BEWERTUNG

Sachkompetenz

umfassendes Wissen zeigen/anwenden	4P
Resultate beurteilen und Inhalte gewichten	3P
Fachbegriffe korrekt verwenden	3P

Methodenkompetenz

Informationen/Hilfsmittel effektiv nutzen	1P
Erkenntnisse/ Lösungswege strukturieren	2P
Ergebnisse übersichtlich präsentieren	2P

Selbstkompetenz

zielstrebig und ausdauernd arbeiten	3P
Selbstkontrolle praktizieren/auf Fragen reagieren	2P

Chemie / Klasse 9

▼ AUFGABE

Erstelle eine Übersicht zu den Kohlenwasserstoffen! Beachte unter anderem folgende Schwerpunkte: Stoffgruppen, Strukturmerkmale, wichtige Vertreter, typische Eigenschaften, Verwendungen. Achte beim Erstellen der Übersicht besonders auf das Wesentliche, die Übersichtlichkeit und Sauberkeit!

▼ BEWERTUNG

Sachkompetenz

umfassendes Wissen zeigen/ anwenden	3P
Resultate beurteilen und Inhalte wichten	3P
sprachlich klar darstellen	1P
Fachbegriffe korrekt verwenden	3P

Methodenkompetenz

Erkenntnisse/Lösungswege strukturieren	1P
Ergebnisse übersichtlich präsentieren	2P

Selbstkompetenz

zielstrebig und ausdauernd arbeiten	1P
sorgfältig arbeiten	1P

Chemie / Klasse 10

Frau Hommel steht am Straßenrand und wartet auf den Bus. Es sind ca. -5°C Außentemperatur, die Straße wurde vom Winterdienst von Eis und Schnee befreit. Trotzdem hat Frau Hommel das Gefühl, dass ihre Füße erfrieren. Ein Schüler einer 10. Klasse gesellt sich zu ihr und erklärt ihr, welche Vorteile und Nachteile das Streuen von Salz im Winter hat und warum ihre Füße erfrieren könnten.

▼ AUFGABE

Was hat er ihr erklärt? Welche Erklärung vermutest du? Schreibe deine Vermutungen auf!

▼ BEWERTUNG

Sachkompetenz

umfassendes Wissen zeigen/ anwenden	2P
sprachlich klar darstellen	2P
Fachbegriffe korrekt verwenden	2P
Transfer/ Zusammenhänge herstellen	2P

Methodenkompetenz

Ergebnisse übersichtlich präsentieren	1P
---------------------------------------	----

Selbstkompetenz

zielstrebig und ausdauernd arbeiten	1P
-------------------------------------	----

Aufgaben – innovativ und entlastend

Von Thomas Freiman

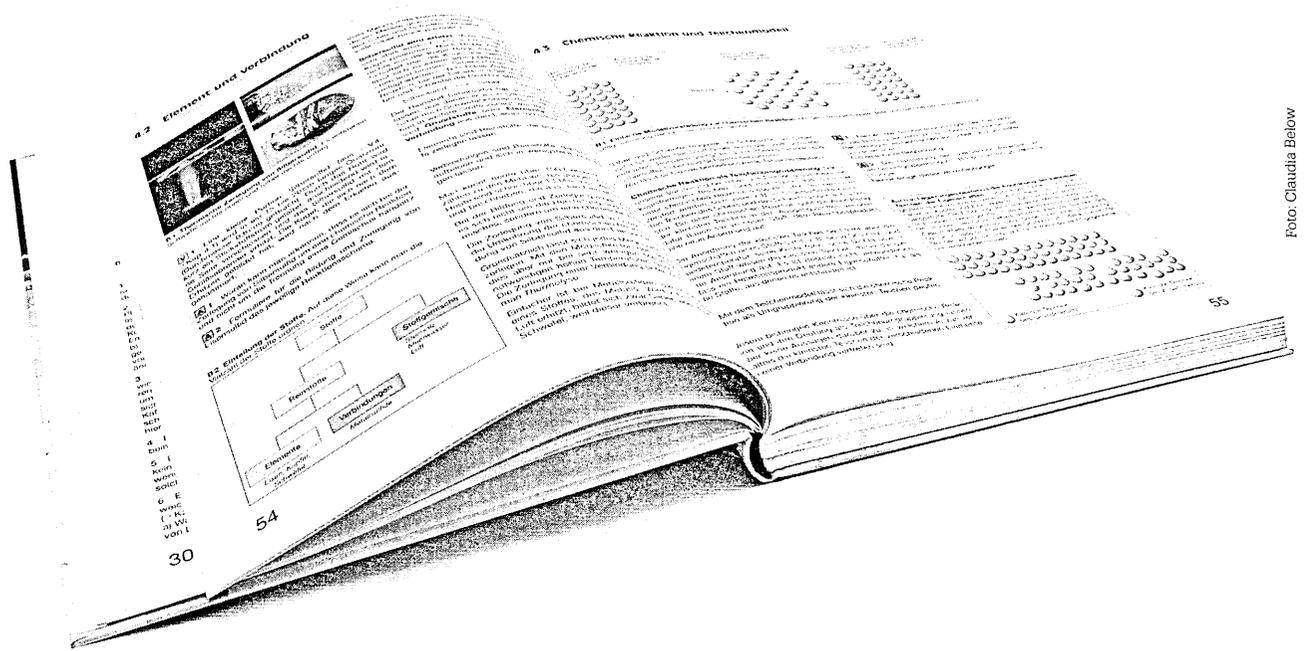


Foto: Claudia Below

Aufgaben als Gestaltungs- und Entlastungsmöglichkeit

Jeder Lehrer schätzt Unterrichtsphasen, in denen er nicht permanent Vormacher, Antreiber oder Erklärer sein muss: Unterrichtsphasen, in denen die Schülerinnen und Schüler in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit motiviert und weitgehend selbstständig Aufgaben und Fragestellungen bearbeiten; Unterrichtsphasen, in denen sie ihr Wissen festigen, ihr Verständnis vertiefen, vielleicht sogar beides autonom weiterentwickeln.

In diesen Phasen kann man sich um einzelne Schülerinnen und Schüler kümmern, Lernrückstände feststellen, individuelle Hilfen geben und ist streckenweise entlastet von der Anstrengung, die komplexe Choreographie des Standardunterrichts zu gestalten. Das alles ist möglich, wenn der Schwerpunkt des Unterrichtsgeschehens stärker auf der Bearbeitung von Aufgaben durch die Schülerinnen und Schüler liegt.

Natürlich werden im Standardunterricht Aufgaben gestellt. Fragend entwickelnder Unterricht ist ohne Aufgaben, die motivieren, die den Unterrichtsprozess vorantreiben, die Impulse setzen, gar nicht vorstellbar. Unterricht als definier-

ter Prozess lässt sich als Aufeinanderfolge von Aufgaben beschreiben und betreiben [1]. Die im Unterrichtsgespräch von der Lehrkraft gestellten Fragen fordern Schülerinnen und Schüler beispielsweise auf, sich zu einem Experiment zu äußern, Schlussfolgerungen zu ziehen oder eine Idee oder einen Lösungsvorschlag zu einer Fragestellung zu entwickeln. Da sich diese Aufgabenstellungen aber notwendigerweise an die ganze Klasse wenden, werden der Schwierigkeitsgrad und die Zeit, die für das Nachdenken und die eigene Auseinandersetzung zur Verfügung stehen, durch das durchschnittliche Leistungsvermögen und die Leistungsbereitschaft der gesamten Lerngruppe bestimmt. Reichweite und Komplexität solcher, aus dem Unterricht erwachsenden Aufgaben, sind daher begrenzt. Motivierte, aber unterschiedlich leistungsfähige Schülerinnen und Schüler werden häufig unter- oder überfordert, weniger motivierte Schülerinnen und Schüler lassen sich auf die Aufgabe oft gar nicht ein und entziehen sich der mit der Bearbeitung verbundenen Anstrengung. Die Lehrkraft steht bei diesem Verfahren zwangsläufig im Zentrum des Geschehens, als Motor, als Katalysator und auch als Animateur.

Eine Entlastung der Lehrkraft und eine stärkere Einbindung der Lernenden in den Unterricht wird so nicht erreicht. Die Voraussetzung hierfür sind Aufgaben, die es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, sich selbstständig mit einem Sachverhalt auseinanderzusetzen, ihn zu erweitern und zu vertiefen, ohne dabei auf Hilfe verzichten zu müssen. Solche Aufgaben sollten sich nicht nur in beständiger und konsolidierender Funktion an Schülerinnen und Schüler wenden: „Das kannst du jetzt beantworten, du weißt jetzt wie es geht.“ Vielmehr sollten sie stärker als bisher auch in Erarbeitungsphasen eingesetzt werden können. So könnten sie nicht nur die Lehrkräfte merklich entlasten, sondern darüber hinaus zu einem veränderten, letztlich vielleicht auch nachhaltigeren Unterricht beitragen.

Aufgabenkultur im Chemieunterricht

Dass Lernen durch und an Aufgaben eine entscheidende Verbesserung erfährt, steht außer Frage. In Mathematik und Physik wird das vorhandene Aufgabematerial daher derzeit mit dem Ziel der

Entwicklung einer neuen Aufgabenkultur kritisch geprüft und im Sinn größerer Offenheit und verstärkter Problemlösecharakters verändert.

Wie ist die Situation im Chemieunterricht, vor allem in der Sekundarstufe I? Gibt es, in Umfang und Differenziertheit mit Mathematik und Physik vergleichbar, Aufgabenmaterial, das im Unterricht im klassischen, d. h. wiederholenden, übenden und vertiefenden Sinn, eine vergleichbar tragende und entscheidende Rolle spielt, das es erlaubt, den Schüler losgelöst vom Kontext eines individuellen Fachunterrichts selbstständig arbeiten zu lassen und dabei auf verschiedenen Kompetenzniveaus angemessen zu fördern? Wie oft, bei welchen Themen, kann eine Chemielehrkraft, abgesehen von Reaktionsgleichungen oder stöchiometrischen Berechnungen, auf in Lehr- und Lernmitteln angebotene, in Niveau und Komplexität passende Aufgaben zugreifen, um die Klasse im Unterricht fachlich zu fordern und zu fördern. Wie oft kann sie während der Vorbereitung sagen: „Da machen wir eine oder zwei, oder notfalls auch drei Aufgaben aus dem Buch?“

Das Problem der Aufgabenauswahl als Qual der Wahl stellt sich im Chemieunterricht wohl eher selten. Es scheint sie (ähnlich wie in Biologie) im Chemieunterricht nicht zu geben, Aufgaben als selbstverständliches, gestaltendes und konstituierendes Unterrichtselement. Gerade in einer veränderten und weiterentwickelten Aufgabenkultur wird aber „... ein didaktisch-methodisches Schlüsselinstrument ...“ gesehen [2]. Versteht man unter dem Begriff „Kultur“ implizit vorhandene, gemeinsam geteilte Überzeugungen, Konzepte und Handlungsmuster einer Gruppe, in diesem Fall also der Gruppe der Fachlehrer und -didaktiker, hat Chemieunterricht, wenn überhaupt, nur eine sehr schwach ausgeprägte Aufgabenkultur. Dem Finden, der Entwicklung und der Diskussion von Aufgaben und der Etablierung einer entsprechenden Aufgabenkultur kommt daher in den nächsten Jahren eine große Bedeutung zu.

„Gute“ Aufgaben finden

Jede Lehrkraft weiß, dass es außerordentlich schwierig ist, sozusagen aus

dem Stand, zu einer bestimmten Thematik eine gute Aufgabe zu erfinden. „Aufgaben kann man nicht erfinden, sie müssen einem einfallen“. Man kann aber seine eigenen Einfälle oder vorhandenes Aufgabenmaterial im Kontext mit dem eigenen Unterricht anhand verschiedener Kriterien analysieren (vgl. S. 95 in diesem Heft). Man kann sich beispielsweise fragen:

- Ist die Aufgabe für ausreichend viele Schülerinnen und Schüler motivierend und interessant?
- An welcher Stelle kann man sie im Unterricht einsetzen?
- Kann sich der Schüler mithilfe der Aufgabe einen Sachverhalt selbst erschließen?
- Entlastet sie mich im Unterricht?
- Überprüft sie, setzt sie Lesekompetenz und Textverständnis voraus?
- Fordert sie Abstrahieren und Generalisieren?

Bei genauerem Hinsehen ergeben sich zahlreiche Kriterien, die hier nicht alle genannt werden können (vgl. S. 95 in diesem Heft). Die Merkmale „guter“ Aufgaben sind schwer zu fassen und lassen sich nicht hierarchisch ordnen oder systematisch beschreiben. Einige aus der Sicht des Autors wesentliche Aspekte werden nachfolgend genannt (vgl. [3]).

Im einfachsten Fall wird man sich wünschen, dass eine Aufgabe die **Kenntnis chemischer Fakten** (z. B. Eisen ist ein Element) und **qualitatives Verständnis von Begriffen** (Element) fordert. Darüber hinaus ist die präzise Abgrenzung von Begriffen untereinander wie z. B. Element – Verbindung oder Reinstoff – Stoffgemisch und das Herstellen **logischer Beziehungen** zwischen diesen Konzepten selbstverständlich.

Gute Aufgaben sollten **Wissen flexibel machen** und aus dem Kontext einer unterrichtlichen Problemstellung lösen.

Gute Aufgaben fördern ebenso die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, mit **verschiedenen Darstellungsformen**, also Symbolsprache, Schemata, symbolhaften Abbildungen und Diagrammformen, produktiv und verständnisvoll umzugehen. Dies sollte bei der Aufgabenkonstruktion sorgfältig bedacht werden, weil die verschiedenen Darstellungsformen je eine bestimmte Qualität eines Sachverhalts besonders prägnant, man könnte auch sagen, einleuchtend zum Ausdruck bringen. Die Nutzung der

verschiedenen Darstellungsformen ist daher kein Wert an sich, sondern eröffnet zusätzliche Verständnismöglichkeiten für die Schülerinnen und Schüler. Das Gesetz der konstanten Proportionen oder der Satz von der Erhaltung der Masse erschließt sich für viele Schülerinnen und Schüler eher, wenn es in Diagrammform angeboten wird. Abgesehen davon, dass sowohl fächerübergreifendes wie auch kumulatives Lernen gefördert werden, wenn die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass sie ihre im Mathematikunterricht erworbenen Kenntnisse auch in anderen Fächern zur Anwendung bringen können.

Gute Aufgaben haben Bezug zum Alltag und sollten anspruchsvoll sein. Nur dadurch sind offenere Fragestellungen und Lösungsversuche auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus möglich, werden Kreativität und Selbsttätigkeit gefördert.

Literatur

- [1] Hensel, H.: Unterrichtsstörungen – na und? Man kann sich darauf einstellen und gelassen damit umgehen. Pädagogik 52, 2000, H. 1, S. 8ff
- [2] Ralle, B.: Eine veränderte Aufgabenkultur als Herausforderung. MNU 54/7, 2001, S. 387
- [3] Freiman, T.; Langlet, J.: Aufgaben: Im Handeln lernen. UB 27 (2003), H. 287, S. 4–13

Weitere Literatur

- Ball, H. u.a. (Hrsg.): Aufgaben. Lernen – fördern – Selbstständigkeit entwickeln. Friedrich Jahresheft XXI, Seelze 2003
- Freiman, T.; Schlieker, V. (Hrsg.): Methoden-Werkzeuge. UC 12 (2001), H. 64/65
- Häußler, P.; Lind, G.: BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Erläuterungen zu Modul I mit Beispielen für den Physikunterricht. Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Kiel, IPN (1998)
- Leisen, J.: Qualitätsentwicklung des Physikunterrichts durch Weiterentwicklung der Aufgabenkultur. MNU 54/7, 2001, S. 401–405
- Leisen, J.: Wider das Frage- und Antwortspiel. Friedrich Jahresheft XXI, Seelze 2003, S. 116–118
- Leisen, J. (Hrsg.): Methoden-Handbuch. Varus Verlag, Bonn 1999

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

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

Der Tritt ins Leere

Aufgabenstellung

Beim Tritt auf das Bremspedal wird die ausgeübte Kraft durch eine spezielle Flüssigkeit, die so genannte Bremsflüssigkeit über die Bremsleitungen auf die Bremsen übertragen. Unter Einwirkung der Flüssigkeit pressen sich zwei kleine Platten, die so genannten Bremsklötze, an die sich bewegenden, an den Rädern befestigten Bremsscheiben aus Metall. Dadurch wird deren Bewegung und damit auch die der Räder verlangsamt oder ganz zum Stillstand gebracht.

Im Laufe der Zeit vermischt sich die Bremsflüssigkeit mit Wasser, das in das Bremsleitungssystem eindringen kann. Um die Funktionssicherheit der Bremse sicher zu stellen, sollte die Bremsflüssigkeit in regelmäßigen Abständen komplett ausgetauscht werden.

Didaktischer Kommentar

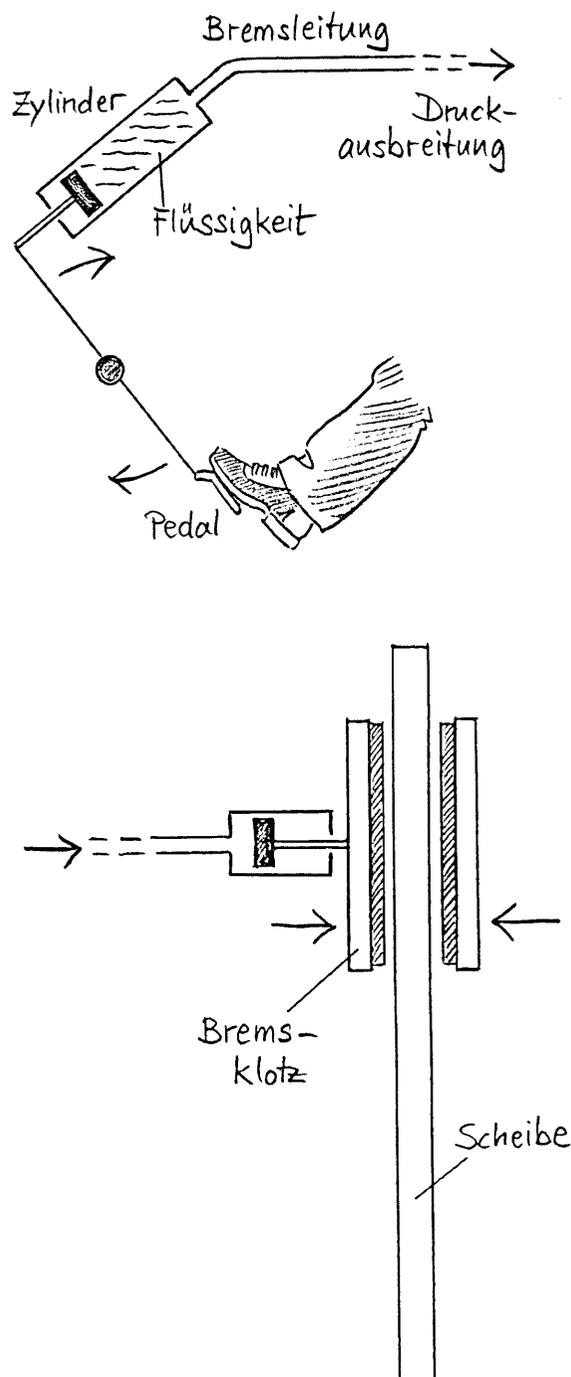
Die vorgestellte Aufgabe ist anwendungsorientiert und hat fächerübergreifenden Charakter (Schülerinnen und Schüler müssen die „Umwandlung“ von Bewegungs- in Wärmeenergie berücksichtigen). Sie ist kumulativ, da vorhandenes Wissen (in Gasen sind die Teilchenabstände groß → Gase sind komprimierbar; in Flüssigkeiten sind die Teilchenabstände klein → Flüssigkeiten sind nicht/kaum komprimierbar) zur Beantwortung nötig ist. Die Aufgabe verlangt die Anwendung eines fachspezifischen Konzepts (Teilchenkonzept), und sie ist in dieser Form komplex und hat problemlösenden Charakter, da Schülerinnen und Schüler auf Phänomenebene einen Zusammenhang zwischen einem mechanischen Vorgang (Reibung, Bremsklötze und Bremsscheibe), der Kraftübertragung durch die Bremsflüssigkeit und der Störung des Systems durch gebildeten Wasserdampf auf einer zweiten Ebene, der Teilchenebene herstellen müssen. Darüber hinaus erfordert sie ein gewisses Maß an Lesekompetenz.

Hinweise zur Bearbeitung im Unterricht

Man kann die Aufgabe in dieser Form kommentarlos bearbeiten lassen. Die Schülerinnen und Schüler können dann selber Fragen finden und beantworten.

- Wieso dringt Wasser in das Bremssystem ein?
- Was genau könnte die Sicherheit beim Bremsen gefährden?
- Wie macht sich das für den Fahrer bemerkbar?
- Was ist der für die Funktion entscheidende Unterschied zwischen spezieller Bremsflüssigkeit und Wasser?

Man kann Fragen, neben der Aufforderung den Sachverhalt zeichnerisch darzustellen, auch teilweise vorgeben und dadurch den Lösungsweg vorstrukturieren und erleichtern. z. B. „Überlege dir, was mit der Bewegungsenergie des Autos geschieht“. Alternativ kann man die Fragen beziehungsweise die Hilfen in Form abgestufter Lernhilfen anbieten.



Der Laborführerschein

Erste Schritte in die Chemie

Von Britta Arends und
Claudia Lengen-Mertel



Laborführerschein

Für:

Klasse:

..... hat mit Erfolg den Laborführerschein erworben und ist somit berechtigt, im Chemieunterricht zu experimentieren.

....., den

Der Laborführerschein ist an der Realschule Lindlar im Anfangsunterricht zur festen Institution geworden. Der Erwerb des unterschriebenen Dokuments (**Abb. 1**) berechtigt die Schülerinnen und Schüler zum Experimentieren im weiteren Chemieunterricht. Unser Ziel war es, eine Art Standard für experimentelles Arbeiten im Anfangsunterricht zu schaffen, an den andere Kollegen anknüpfen können. Der Laborführerschein veranlasste uns darüber nachzudenken, wie man Grundlagen für naturwissenschaftliches Arbeiten schaffen kann, wo die Lernenden mit Spaß bei der Sache sind, Engagement entwickeln und fundiertes Wissen erwerben. Die Grundidee wurde, im Fachseminar Chemie in Siegburg, 1999 von C. Lengen-Mertel und D. Suchanek entwickelt. Entstanden ist ein Lernzirkel, in dem anhand von 5 Pflichtstationen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen eingeführt, geübt und überprüft werden.

Ein Zertifikat für den Anfangsunterricht Chemie

An unserer Schule wird der Lernzirkel „Laborführerschein“ eingesetzt, nachdem Inhalte wie Sicherheits- und Experimentierregeln und der Umgang mit dem

Brenner im Unterricht besprochen wurden. Die grundlegenden Inhalte des Anfangsunterrichts Chemie werden von den Schülerinnen und Schülern in Kleingruppen an den Stationen erarbeitet.

Der Laborführerschein umfasst:

- Gerätekenntnisse (**Station 1**)
- Festigung und Anwendung der Sicherheitsregeln beim Umgang mit dem Brenner (**Station 2**)
- Erhitzen von Wasser mit dem Brenner und Notieren von Beobachtungen (**Station 3**)
- Kennenlernen von Gefahrensymbolen (**Station 4**)
- Grundlagen des Messens in der Chemie (**Station 5**)

Der Lernzirkel ist so konzipiert, dass die einzelnen Stationen in beliebiger Reihenfolge bearbeitet werden können, so dass Wartezeiten und Engpässe vermieden werden.

Für die Durchführung der Stationsarbeit werden 4–5 Unterrichtsstunden benötigt, wenn alle Stationen 2–3 mal aufgebaut sind. So muss für Station 2 mehr Zeit eingeplant werden, da alle Gruppenmitglieder das Wasser eindampfen wollen und sich selten jemand mit dem Zuschauen zufrieden gibt. Die Selbstlernertätigkeit wird unter anderem durch die Kommunikation innerhalb der Grup-

pe und die Arbeitsblätter gefördert, die Hilfen anbieten. Abschließend werden die Stationsblätter wieder eingesammelt und bewertet. Parallel dazu kann eine gemeinsame Auswertung erfolgen, indem die Arbeitsblätter vergrößert, aufgehängt, diskutiert und die Ergebnisse eingetragen werden.

Erfahrungen

Unsere Erfahrungen haben gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen sehr motiviert arbeiten, wobei das Experiment für sie im Vordergrund steht. Es macht ihnen Spaß eigenverantwortlich zu lernen und über den subjektiv empfundenen Lernerfolg zu berichten. Dies zeigen sowohl Schüleräußerungen als auch die guten Resultate der durchgeführten Lernzielkontrollen.

Der Laborführerschein bietet nicht nur für die Schülerinnen und Schüler Abwechslung, sondern eröffnet auch dem Lehrenden neue Perspektiven zur Unterrichtsgestaltung. So können zum einen grundlegende Inhalte des Anfangsunterrichts umfassend erarbeitet, zum anderen ausgewählte Themen mit Hilfe einzelner Stationen thematisiert und gefestigt werden. Im Fach Naturwissenschaften sind die Stationen 1–3 auch in der Orientierungsstufe durchführbar. Für Station 4 sollte eine weitere Hilfestellung zur Verfügung stehen. Das festigende Spiel (Station 5 u. S. 99ff in diesem Heft) kann in Klasse 7 Ansporn sein, Gelerntes anzuwenden.

► Claudia Lengen-Mertel, Lehrerin an der Realschule Lindlar
lengenmertel@AOL.com

Britta Arends, Lehrerin an der Realschule Dellbrücker Mauspfad
arendsb@gmx.de ◀

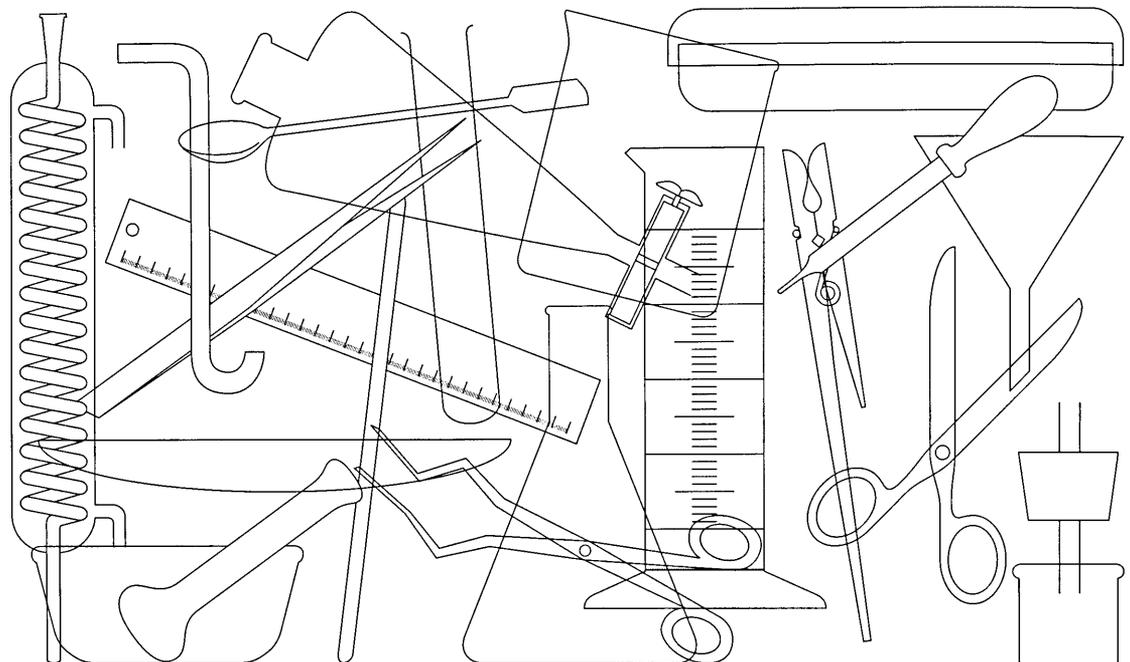
STATION 1

Laborgeräte, ein Muss für jeden Chemiker

▼ AUFGABE 1

Finde die kurz beschriebenen Laborgeräte im Suchbild wieder. Markiere sie farbig, indem du sie ausmalst oder umrandest.

1. Ein Reagenzglas ist ein Glasrohr, das an einer Seite geschlossen und abgerundet ist.
2. Ein Glasgefäß, ähnlich einem Becher, nennen wir Becherglas.
3. Dieser spezielle Löffel heißt Spatel.
4. Die Petrischale hat einen Deckel.
5. In den Trichter legt man ein Filterpapier ein.
6. Ein Glas – oben eng und unten weit – heißt Erlenmeyerkolben.
7. Die Reagenzglaszange ist ein Holzgerät. Durch den Stopfen führt ein Glasrohr.
9. Der Messzylinder hat einen festen Stand und eine aufgedruckte Messskala.
10. Die Pipette besitzt gegenüber der Spitze ein Gummihütchen.
11. Ganz aus Glas ist der Rührstab.
12. Ein scherenähnliches Gerät nennen wir Tiegelzange.



▼ AUFGABE 2

Zeichne 6 Laborgeräte deiner Wahl genau in dein Heft und benenne sie!

STATION 2

Hier wird es heiß

▼ GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Brenner, Reagenzglas, Reagenzglasklammer, Wasser

▼ DURCHFÜHRUNG

Fülle das Reagenzglas 2-fingerbreit mit Wasser. Halte es mit der Reagenzglasklammer in die nicht leuchtende Brennerflamme. Bewege das Reagenzglas vorsichtig hin und her und reguliere dadurch die Temperatur. Lasse etwa die Hälfte des Wassers verdampfen. Notiere deine Beobachtungen.

▼ AUFGABE 1

Erhitze Wasser in einem Reagenzglas mit Hilfe des Brenners!

Schreibe zuerst die Sicherheitsregeln auf, die für dieses Experiment notwendig sind.

▼ AUFGABE 2

Warum darfst du das Reagenzglas nur zweifingerbreit mit Wasser füllen und nicht bis zur Hälfte?

STATION 3

Gefahr im Verzug

Die Stoffe, mit denen du im Chemieunterricht experimentierst, heißen Chemikalien. Einige dieser Chemikalien sind mit Gefahrensymbolen, z. B. mit ☒, ☑ oder ☠ versehen. Vielleicht kennst du das eine oder andere Symbol aus deinem Alltag.

Beim Experimentieren mit diesen Stoffen musst du immer bestimmte Sicherheits- und Verhaltensregeln einhalten.

▼ AUFGABE 1

Schneide die unten stehenden Gefahrensymbole aus, benenne sie mit Hilfe deines Chemiebuches und klebe sie alphabetisch untereinander in dein Heft!

▼ AUFGABE 2

Ordne die richtigen Kennbuchstaben zu
(Tipp: Großbuchstaben)!

▼ AUFGABE 3

Im Briefumschlag findest du 3 Gefahrensymbole als Puzzleteile. Setze sie richtig zusammen.
Welche Gefahren sind dargestellt?

▼ AUFGABE 4

An deiner Station findest du Haushaltschemikalien. Ordne die Haushaltschemikalien den aufgelisteten Gefahrensymbolen zu!
Fallen dir weitere Beispiele ein?

▼ AUFGABE 5

Was musst du im Umgang mit ☑ und ☒ Stoffen beachten?

▼ AUFGABE 6

Findest du im Chemieraum oder im Chemiebuch genaue Informationen zum ☒?



g...



r...

und g...



ä...



u...



b...



e...



l...

STATION 4

Hier ist Genauigkeit gefragt

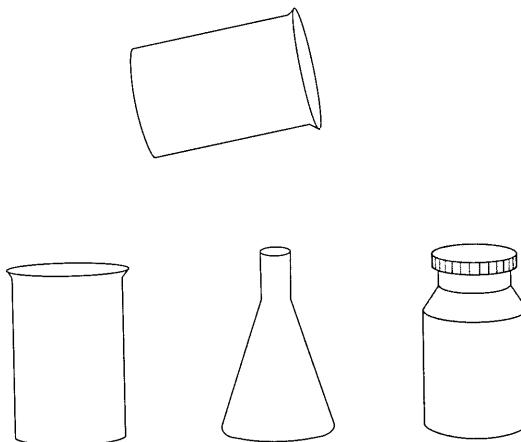
▼ AUFGABE 1

Fülle jeweils genau 25 mL Wasser aus dem großen Becherglas in 4 verschiedene Glasgefäße um, so dass du **genau** 100 mL erhältst!
Dabei kannst du alle an der Station befindlichen Glasgeräte/Laborgeräte zur genauen Messung nutzen!
(100 mL Becherglas, kleiner und großer Messzylinder, Pipette, Waage, ...)
Entscheide wie du vorgehen wirst und wie du genau arbeitest.

Hinweis: 100 mL Wasser wiegen 100 g!
 $25\text{ mL} + 25\text{ mL} + 25\text{ mL} + 25\text{ mL} = 100\text{ mL}$
Überprüfe mit Hilfe dieses Hinweises dein Vorgehen, schreibe die Versuchsdurchführung, Vermutung und Beobachtung auf.

▼ AUFGABE 2

Beschreibe dein Ergebnis!



▼ AUFGABE 3

Die Bestimmung der Temperatur ist ein weiteres wichtiges Messverfahren in der Chemie. Miss dazu die Temperatur des Leitungswassers! Die Temperatur beträgt:

STATION 5

Chemie im Spiel

Spielanleitung

Zum Spielen benötigt ihr:

- Für jeden Mitspieler eine Spielfigur und einen Würfel
- Einen Stapel mit Fragekarten
- Einen Stapel mit Aktionskarten

Und los geht's

Die Spielfiguren werden auf das Startfeld (Reagenzglas) gestellt. Es wird reihum gewürfelt und die Spielfigur der Augenzahl entsprechend vorwärts bewegt. Wer zuerst das Zielfeld erreicht hat (und zwar genau!), ist Sieger. Allerdings gibt es auf dem Weg zum Ziel einige „Hindernisse“ in Form von Aktionen und Fragen zu bewältigen!

VIEL SPASS!!!

Frage- und Aktionskarten

Fragefelder:

Hier muss jeweils ein Fragekärtchen beantwortet werden. Ist die Antwort richtig, so dürft ihr nochmals würfeln und weitergehen. Bei falscher Lösung bleibt ihr einfach stehen und der nächste darf würfeln.



Aktionsfelder:

Auf den Kärtchen stehen unterschiedliche Aufgaben, die ihr lösen müsst. Wie es dann weitergeht, steht auf jeder Karte. Ausnahme: Aktionskarte 7

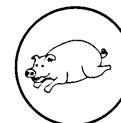


- Vorrücken auf das nächste Fragefeld
- Zurück auf das letzte Fragefeld

Gebrauchte Frage- und Aktionskarten werden unter die jeweiligen Stapel gelegt.

Schweinchenfelder

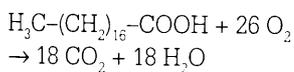
bringen Glück, denn hier könnt ihr eine Abkürzung über das jeweilige Laborgerät nehmen.



Experimente mit Kerzen

Von Heinz Schmidkuz

Versuche mit Kerzen haben eine lange Tradition. Michael Faraday hat sich in seinen berühmten Weihnachtsvorlesungen eingehend mit der Kerze und deren Verbrennungsprodukten beschäftigt [1]. In neuerer Zeit wurden die Verbrennungsprodukte der Kerzenflamme von Wiederholt mit schulgerechten gaschromatischen Methoden intensiv untersucht [2]. In der Oxidationszone (Flamme) der Kerze (**Abb. 1**) wird bei vollständiger Umsetzung der gasförmige Kerzenrohstoff zu Kohlendioxid und Wasser verbrannt. Das Kerzenwachs setzt sich je nach Kerzensorte aus Paraffinen oder einem Gemisch aus Stearinsäure und Palmitinsäure zusammen. So bestehen Teelichter vor allem aus Stearinsäure mit einem Anteil an Palmitinsäure und wahrscheinlich auch Paraffin. Der Vorteil bei der Verwendung von festen Carbonsäuren als Brennstoff besteht vor allem darin, dass der Kerzenrohstoff bereits Sauerstoff im Molekül besitzt und somit die Neigung zum Rußen beim Verbrennungsprozess senkt. Gehen wir einmal von Stearinsäure als Kerzenbrennstoff aus, so würde die Reaktionsgleichung bei vollständiger Verbrennung wie folgt lauten:



Diese summarische Reaktionsgleichung sagt natürlich nichts über Einzelreaktionen des Verbrennungsprozesses aus. Der einfache Nachweis von Kohlenstoff (Ruß) in der Flammenzone beweist bereits, dass die Reaktion in vielen Schritten vor sich gehen muss. Meiler, J. und Seidel, P. [3] führten etwa 60 Einzelreaktionen mit Reaktionsgleichungen in der Kerzenflamme auf und vermuten eine noch weit größere Anzahl.

Faraday's Betrachtungen (s. **Kasten**) blieben nicht ohne Einfluss auf den Unterricht. Martin Wagenschein wies auf die Bedeutung der Kerze als Untersuchungsprojekt hin und empfahl, Versuche mit der Kerze im Sinne von Faraday in den

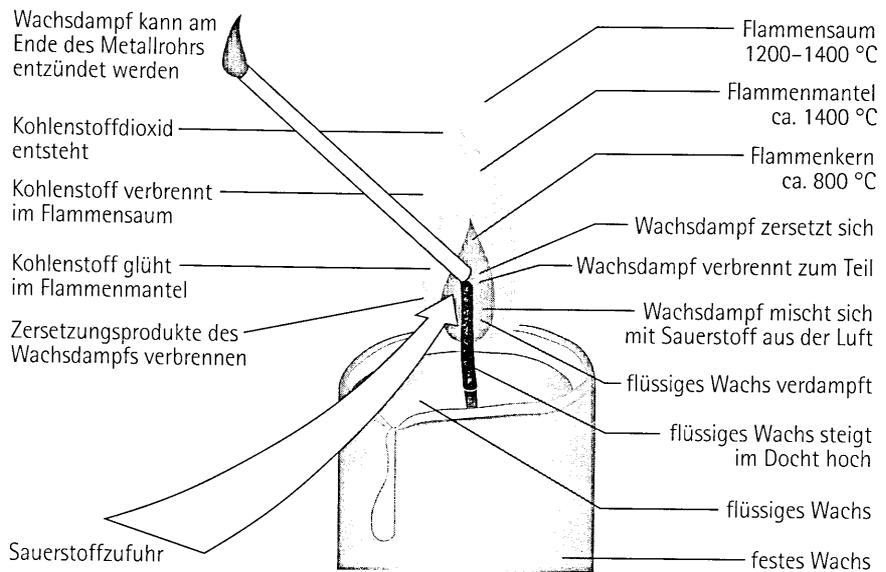


Abb. 1: Die Kerzenflamme und ihre Temperaturen (aus: [8])

Unterricht einzuführen [4]. Von Buck [5], Schulze [6] und Klein [7] wurde der Gedanke aufgegriffen und fortgeführt. Inzwischen findet man auch in der Schulbuchliteratur Versuche mit der Kerzenflamme.

Neuerdings hat sich Obendrauf [9] mit der „Abluft“ der Kerzenflamme beschäftigt, um die Masse der Verbrennungsprodukte quantitativ zu erfassen: Mit einer geistreichen Low-cost Apparatur gelingt ihm der Nachweis, dass bei einem brennenden Teelicht eine Gewichtszunahme eintritt, die mit einer schulüblichen Waage nachgewiesen werden kann.

Die Brenndauer einer Kerze experimentell ermitteln

Für die Brenndauer einer Kerze ist neben der Länge, Dicke und der Masse auch die Länge des aus der Kerze herausragenden Dochtes verantwortlich. Schließlich ist auch die Zusammensetzung des Kerzenwachses selbst ausschlaggebend.

Als Beispiel soll zunächst eine dünne, zylinderförmige Kerze, wie sie für den Weihnachtsbaum verwendet wird, die-

nen. Um festzustellen, wie lang die Brenndauer dieser Kerze ist, gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Möglichkeit: Man bestimmt die Länge der Kerze, markiert eine bestimmte Strecke, z. B. 1 cm vom oberen Rand der Kerze, zündet die Kerze an und notiert die Zeit bis diese Strecke abgebrannt ist. Mit diesem Ergebnis lässt sich die Brenndauer der gesamten Kerze leicht berechnen (s. **Versuch 1**). Eines muss noch bedacht werden: Der obere Teil der Kerze mit dem Docht ist kegelförmig mit Wachs geformt. Dieser Teil muss gesondert behandelt werden. Am besten wird er zuerst abgebrannt und die dazu benötigte Zeit registriert. Erfahrungsgemäß sind dafür nur wenige Minuten erforderlich. Nach dieser Methode können auch andere schmale Kerzen untersucht werden. Im häuslichen Bereich sind z. B. kegelförmige Kerzen beliebt. Eine Schülerin schlug vor, die Brenndauer solcher Kerzen zu bestimmen, indem eine bestimmte Strecke an der schmalen Seite und die gleiche Strecke an der dicken Seite abgebrannt werden. Der Mittelwert dieser beiden Brennzeiten sollte dann als Maß für die gesamte Kerze verwendet werden.

Naturgeschichte einer Kerze

... Ich wende mich nunmehr zu unserem eigentlichen Thema, zunächst zur Flamme der Kerze. Wir wollen eine oder zwei anzünden und so in Ausübung ihrer eigentümlichen Funktionen setzen. Ihr bemerkt, wie ganz verschieden eine Kerze von einer Lampe ist. Bei einer Lampe hat man den mit Öl gefüllten Behälter, in welchen der aus Moos oder Baumwolle bereitete Docht gebracht wird; das Dochtende zündet man an, und wenn die Flamme bis zum Öl hinabgekommen, verlöscht sie dort, brennt aber in dem höher gelegenen Teile des Dochtes fort. Nun werdet ihr unzweifelhaft fragen, wie es kommt, dass das Öl, welches für sich nicht brennen will, zur Spitze des Dochtes gelangt, wo es brennt; wir werden das sogleich untersuchen. Aber bei dem Brennen einer Kerze geschieht noch etwas weit merkwürdigeres. Hier haben wir eine feste Masse, die keinen Behälter braucht – wie kann wohl diese Masse da hinauf gelangen, wo wir die Flamme sehen, da sie doch nicht flüssig ist? Oder, wenn sie in eine Flüssigkeit verwandelt ist, wie kann sie dabei doch in festem Zusammenhalt bleiben? Wahrlich ein merkwürdig Ding, so eine Kerze! (...)

Da bemerken wir denn zunächst, wie die oberste Schicht der Kerze gleich unter der Flamme sich einsenkt zu einer hübschen Schale. Die zur Kerze gelangende Luft nämlich steigt in Folge der Strömung, welche die Flammenhitze bewirkt, nach oben und kühlt dadurch den Mantel der Kerze ab, also dass der Rand des Schälchens kühler bleibt und weniger einschmilzt als die Mitte, während auf diese die Flamme am meisten einwirkt, da sie so weit als möglich am Docht herabzulaufen strebt. Solange die Luft von allen Seiten gleichmäßig zuströmt, bleibt unser Schälchen vollkommen waagrecht, sodass die darin schwimmende geschmolzene Kerzenmasse ebenfalls waagrecht darin stehen bleiben muss; stelle ich aber einen seitlichen Luftstrom her, so wird alsbald das Schälchen schief und läuft die flüssige Masse an der Seite herab – jenes wie dieses nach dem Gesetz der Schwere, welches die Welten treibt und zusammenhält. Ihr sehr also, dass die Schale durch den gleichmäßig aufsteigenden Luftstrom gebildet wird, welcher das Äußere der Kerze von allen Seiten umspielt und es dadurch kalt hält. Nur solche Stoffe können zu Kerzen verwendet werden, welche die Eigenschaft besitzen, beim Brennen ein derartiges Schälchen zu bilden. [S. 35–36]

Niedergeschrieben von Michael Faraday gegen 1858. In deutscher Übersetzung erschienen ca. 1960 bei Reclam, Leipzig. Nachgedruckt 1979 beim Didaktischen Dienst Franzbecker. Bad Salzdetfurth. Reihe reprinta historica didactica; Band 3

Teelicht	1	2	3
Gesamtgewicht	15,12 g	14,73 g	14,66 g
Teelicht ohne Aluminiumbecher	14,45 g	14,06 g	13,99 g
Reines Kerzenwachs ohne Dochtaltheblech	14,12 g	13,73 g	13,66 g
Masseverlust bei einer Brenndauer von 5 min	0,15 g	0,16 g	0,14 g
Brenndauer des ganzen Teelichts (berechnet)	470,06 min 7,84 h 7 h und 50 min	457,66 min 7,15 h 7 h und 9 min	487,85 min 8,13 h 8 h und 8 min

Tab. 1: Daten für drei Teelichter

2. Möglichkeit: Als universelle Methode für alle Kerzentypen bietet sich die Methode durch Bestimmung der Gewichtsabnahme bei einer bestimmten Brenndauer an. Es wird zuerst das Gewicht der gesamten Kerze mit Docht bestimmt, dann lässt man die Kerze eine bestimmte Zeit brennen (z. B. einige Minuten) und bestimmt erneut das Gewicht. Aus der Abnahme des Gewichts und dem Gewicht der ganzen Kerze lässt sich die Brenndauer bequem errechnen (s. **Versuch 2**). Man benötigt dafür eine Waage, die eine Grammangabe mit zwei Stellen hinter dem Komma angibt, und eine Uhr, auf der auch Sekunden abgelesen werden können.

Beide Verfahren lassen sich auch auf Teelichter übertragen. Allerdings muss bedacht werden, dass der Docht im Teelicht von einem runden Blech an der Unterseite des Wachses gehalten wird. Dieses Halteblech hat ein Gewicht von 0,33 g. Bei den Aluminiumbechern der Teelichter konnten Gewichte von 0,67 bis 0,73 g festgestellt werden. Bei Teelichtern macht sich der Einfluss der Dochtlänge auf die Brenndauer außerdem stark bemerkbar.

Die in **Tabelle 1** aufgeführten Verbrennungszeiten von drei Teelichtern sind unter der Annahme errechnet worden, dass die gesamte Kerzenmasse verbrennt. Nach dem vollständigen Abbrennen eines Teelichtes bleibt neben dem Halteblech für den Docht auch immer noch etwas Kerzenwachs zurück, das natürlich die effektive Brenndauer verkürzt.

Den Energiegehalt einer Kerze bestimmen

Eine Kerze strahlt beim Verbrennen Energie in Form von Licht und Wärme ab. Es stellt sich die Frage nach dem Energiegehalt einer Kerze bzw. von einem Gramm des Kerzenbrennstoffes (spezifischer Wärmeinhalt). Um die Frage exakt beantworten zu können, ist ein Kalorimeter erforderlich, wie es in der Schule normalerweise nicht vorhanden ist. Stattdessen kann ein einfacher Versuch durchgeführt werden, wie er in **Versuch 3** beschrieben wird.

In **Tabelle 2** sind die Ergebnisse von drei Versuchen zusammengestellt. Zum Vergleich seien einige spezifische Heiz-

werte von Brennstoffen aufgeführt, die dem spezifischen Wärmeinhalt entsprechen:

- Holz: 14800 bis 20100 Joule,
- Holzkohle: 27000 bis 28000 Joule,
- Methanol: 19525 Joule,
- Ethanol: 26984 Joule,
- Steinkohle: 27200 bis 31000 Joule,
- Dieselöl: ca. 41000 Joule.

In den **Versuchen 4** und **5** werden experimentelle Fehlerkorrekturen zur Bestimmung des Energieinhalts von Kerzenstoffen (**Versuch 3**) vorgeschlagen.

Ausblick

Es kann durchaus die Frage aufkommen, wie man die Brenndauer einer dicken Kerze bestimmt, wenn der Kerzenbrennstoff nicht vollständig verbrennt, also ein fester Wachsrand übrig bleibt. Auch dafür lassen sich Lösungen finden, allerdings muss eine längere Brenndauer einer solchen Kerze in Kauf genommen werden. Diese Betrachtung könnte z. B. eine Hausaufgabe sein, wobei der Sachverhalt bereits in der Schule angesprochen werden könnte.

Literatur

- [1] Faraday, M.: Naturgeschichte einer Kerze, Reprint, Franzbecker Verlag KG Bad Salzdetfurth 1979
- [2] Wiederholt, E.: Zur Sauerstoffbestimmung der Luft im Anfangsunterricht. In: Chemie und Schule, Heft 3, Salzburg 2003
- [3] Meiler, J.; Seidel, P.: Reaktionen in der Kerzenflamme. In: „junge wissenschaft“ Friedrich Verlag Velber, Heft 41, 1996
- [4] Wagenschein, M.: Michael Faraday: Naturgeschichte einer Kerze. In: Neue Sammlung, Klett-Cotta-Friedrich, Heft 1, 1990
- [5] Buck, P.: Faraday's Kerze und/oder Koliskos Flamme. In: Neue Sammlung, Klett-Cotta-Friedrich, Heft 1, 1990
- [6] Schulze, T.: Lehrkunst-Gedanken um eine brennende Kerze. In: Neue Sammlung, Klett-Cotta-Friedrich, Heft 1, 1990
- [7] Klein, H.: Faraday's Kerze in einer 7. Klasse in Amöneburg. In: Neue Sammlung, Klett-Cotta-Friedrich, Heft 1, 1990
- [8] Eisner, W. u. a.: „elemente chemie I“ Ausgabe Nordrhein Westfalen, 2. Auflage Ernst Klett Verlag, Stuttgart 2002
- [9] Obendrauf, V.: Gewichtige „Abluft“. In: Chemie und Schule, Salzburg, Heft 4, 2003

► Prof. Dr. Heinz Schmidkunz, Universitätsprofessor für Chemiedidaktik in Dortmund

Obermarkstr. 125, 44267 Dortmund
heinz.schmidkunz@uni-dortmund.de ◀

Die Brenndauer einer Kerze ermitteln

Versuch 1:

Länge der Kerze ohne den oberen Kegel: 9,2 cm
Oberer Kegel bis zum Austritt des Doctes: 0,7 cm
Länge der Markierung vom oberen Zylinderrand: 1 cm
Brenndauer bis 1 cm der Kerze abgebrannt war: 8,5 Minuten (8 min., 30 sek)
Brenndauer des oberen Kegels: 3 min, 20 sek

Berechnung: Aus diesen Daten lässt sich die Brenndauer der Kerze berechnen. Für die 9,2 cm werden 78,2 Minuten benötigt (0,1 Minuten sind 6 Sekunden). Dazu kommen noch die 3 Minuten und 20 Sekunden des oberen Kegels. Daraus ergibt sich eine Gesamtbrenndauer von 81 Minuten und 32 Sekunden (ca. 1 Stunde und 21 Minuten).

Fehlerbetrachtung: Der Zeitpunkt für die Brenndauer von 1 cm lässt sich nur ungenau bestimmen. Je dünner die Kerze ist, desto besser lässt sich dieser Zeitpunkt allerdings fixieren. Vernachlässigt wird auch nicht verbranntes Kerzenwachs, das als Tropfen an der Kerze herunterrinnt. Trotzdem stimmt die Brenndauer einer Baumkerze in der Größenordnung mit den Erfahrungswerten einigermaßen überein.

Versuch 2:

Gewicht der Kerze: 10,86 g
Brenndauer: 4 Minuten, 15 Sekunden (4,25 min)
Gewicht nach der Brenndauer: 10,32 g
Gewichtsverlust: 0,54 g

Berechnung: Mit einem Dreisatz – Algorithmus errechnet sich die Brenndauer zu 85,47 Minuten (1 Stunde und 25 Minuten).

Zu der ersten Methode ergibt sich also ein Unterschied von etwa 4 Minuten in der Brenndauer. Werden die beiden hier beschriebenen Methoden miteinander verglichen, so erhält man eine Abweichung von knapp 5%. Die Bestimmung der Brenndauer über den Massenverlust bietet sicher die genauere Vorgehensweise.

Teelicht	1	2	3
Wassermenge m_w	50 mL	40 mL	50 mL
Wasser – Anfangstemperatur	21,0°C	21,2°C	21,0°C
Wasser – Endtemperatur	43,8°C	50,1°C	40,7°C
ΔT			
Wasser	22,8	28,9	19,7
Teelicht Anfangsmasse	12,50 g	12,27 g	12,28 g
Teelicht			
Endmasse	12,27 g	12,04 g	12,08 g
Δm			
Teelicht	0,22 g	0,23 g	0,20 g
Masse des Becherglases	33,41 g	33,41 g	33,69 g
Spez. Wärmekapazität des Wassers	4,18 J	4,18 J	4,18 J
Spez. Wärmekapazität des Glases	0,84 J	0,84 J	0,84 J
Spezifischer Wärmeinhalt des Kerzenbrennstoffs	24568,08 J	24535,39 J	23374,05 J

Tab. 2: Ergebnisse der Bestimmung des spezifischen Wärmeinhalts von Wachs in Teelichtern

Der Energiegehalt einer Kerze

Versuch 3:

Ein Becherglas (50 mL) wird mit 50 mL Wasser gefüllt. Eingehängt wird es in ein Tondreieck, das auf einem Dreifuß liegt. Unter das Glas wird ein Teelicht positioniert, dessen Flamme einen Abstand von einem Zentimeter vom unteren Rand des Becherglases hat (**Abb. 3**). Man lässt die Kerze eine bestimmte Zeit brennen und registriert die Anfangs- und Endtemperatur des Wassers. Außerdem wird das Teelicht vor dem Versuch und nach dem Verlöschen der Flamme gewogen. Aus der Abnahme der Kerzenmasse und der Erwärmung des Wassers und des Glases lässt sich der Energiegehalt berechnen.

Um den Fehler der Energiebestimmung zu minimieren sollte man ein Teelicht mit kleiner Flamme wählen. Außerdem sollte das Wasser nicht höher als 50°C erwärmt werden, um die Wärmeabstrahlung möglichst gering zu halten. Diese Temperatur wird bereits nach 6–8 Minuten erreicht, wobei 40 °C schon nach etwa 4 Minuten gemessen werden.

Berechnung:

Das Wasser und das Glas erwärmen sich gleichartig. Zur Bestimmung der Wärmeaufnahme dieser beiden Stoffe benötigt man die spezifische Wärmekapazität von Wasser c_w und Glas c_G (**Tab. 2**).

Für die Berechnung der Wärmeaufnahme Q_w des Wassers gilt: $(m_w \cdot c_w) \cdot \Delta T$

Für die Berechnung der Wärmeaufnahme Q_G des Glases gilt: $(m_G \cdot c_G) \cdot \Delta T$

Mit „m“ werden jeweils die Masse des Wassers bzw. des Glases bezeichnet. Das Tondreieck wird hier nicht berücksichtigt, da das Becherglas nur an drei Stellen das Tondreieck berührt und Ton eine schlechte Wärmeleitung besitzt.

Für die Wärmeaufnahme des Wassers und des Glases beim Verbrennungsprozess gilt:

$$Q = [(m_w \cdot c_w) + (m_G \cdot c_G)] \cdot \Delta T$$

Wird dieses Produkt durch die Menge des verbrauchten Kerzenbrennstoffs geteilt, so erhält man den spezifischen Wärmeinhalt des Kerzenwachses.

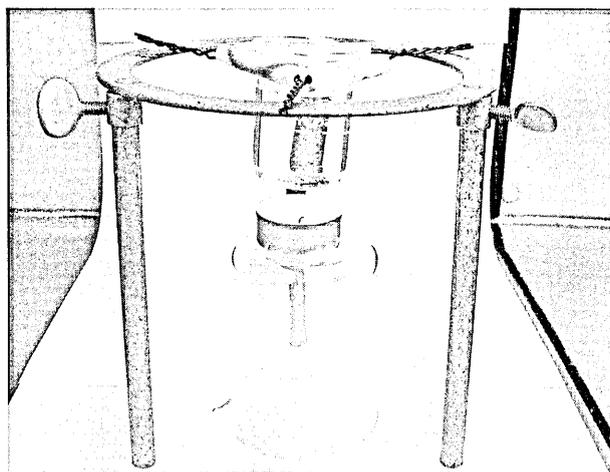


Abb. 3: Aufbau zu Versuch 1

Versuch 4:

Um die Fehler zu minimieren, kann das Becherglas außen isoliert werden, indem es mit einer dünnen Wellpappe umgeben wird, die erfahrungsgemäß gute Isoliereigenschaften zeigt. Bei diesem Versuch wurden die folgenden Werte registriert:

Wassermenge = 20 mL

Anfangstemperatur des Wassers = 22,9 °C,

Endtemperatur des Wassers = 54,6 °C, ($\Delta T = 31,7$ °C)

Kerzengewicht zu Beginn = 14,59 g

Kerzengewicht nach Versuchsende = 14,46 g ($\Delta m = 0,13$ g)

Gewicht des Becherglases = 28,07 g.

Der Versuch dauerte genau drei Minuten. Wird nach dem oben beschriebenen Rechenverfahren der Brennwert des Kerzenbrennstoffs berechnet, so erhält man einen Wert von 26135 Joule.

Versuch 5:

Zusätzlich kann die Wärmeabstrahlung der Kerzenflamme experimentell ermittelt werden. Um die Energie abzuschätzen, die von der Kerzenflamme an die Umgebung abgegeben wird, wird das Teelicht zunächst in ein Becherglas gesetzt. Das Becherglas wird in einen Joghurtbecher (äußere Isolierung) gestellt und zwischen den beiden Gefäßen 20 mL Wasser eingefügt (**Abb. 4**).

Gewicht des Becherglases: 47,44 g

Anfangstemperatur des Wassers: 22,9 °C

Endtemperatur des Wassers: 25,3 °C

Das Teelicht wurde nach genau drei Minuten gelöscht.

Aus den Werten wurde ein Wärmefluss von 296,3 Joule errechnet, der zum oben ermittelten Wert addiert wird. Insgesamt erhält man als Brennwert für den Kerzenbrennstoff 26431 Joule.

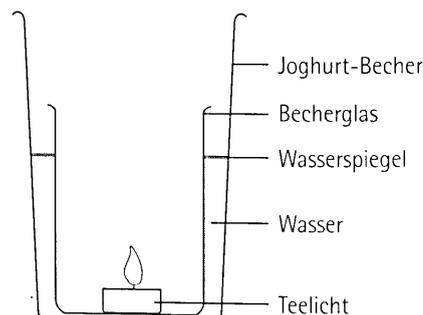


Abb. 4: Aufbau zu Versuch 3

Formel-C-Tag

Von Hans Frank

Die hier vorgestellten Experimentalaufgaben wurden im Rahmen eines forschenden Naturwissenschaftsunterrichts an der Heinrich-Nordhoff-Gesamtschule in Wolfsburg entwickelt.

Leitideen des Unterrichts im 7. Schuljahr sind das Entdecken lassen und das Forschen, und zwar im Zusammenhang naturwissenschaftlicher Fragestellungen, die einen deutlichen Bezug zur Lebenswelt der Lernenden haben. Dabei ist es häufig unumgänglich, Inhalte der drei naturwissenschaftlichen Fächer zu verknüpfen. Die Schülerinnen und Schüler werden angeregt, möglichst eigenständig zu einem Objekt oder Sachverhalt Arbeitshypothesen zu formulieren, die sie mithilfe von Beobachtungen, Untersuchungen und Experimenten weitgehend selbstständig beantworten können. Der Unterricht wird auf diese Weise Hypothesen geleitet ablaufen.

Ein methodisch neu ausgerichteter Unterricht, der neben der Vermittlung von Sachkenntnissen auch dem Kompetenzerwerb Rechnung trägt, erfordert alternative Formen der Leistungsüberprüfung. An der Heinrich-Nordhoff-Gesamtschule entschlossen sich die Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer des 7. Jahrgangs am Ende der Unterrichtseinheit „Säuren-Laugen-Salze“ eine besondere Art der Leistungsbewertung durchzuführen. Das Vorhaben wurde in Anlehnung an vorangegangene Schülerwettbewerbe in Niedersachsen „Formel-C-Tag“ genannt.

Den Schülerinnen und Schülern des 7. Jahrgangs wurden Aufgaben gestellt, bei denen es neben Sachkenntnissen vor allem auf naturwissenschaftliche Methodenkompetenz ankam. Ausgehend von Fragestellungen aus der Lebenswelt der Lernenden wurden Aufträge zur Erforschung eines Sachverhaltes formuliert. Durch weitgehend eigenständig geplante Untersuchungen oder Experimente konnten die Schülerinnen und Schüler zu einem Ergebnis gelangen.

Der Tag wurde als Teamwettbewerb nach folgendem Organisationsplan durchgeführt:

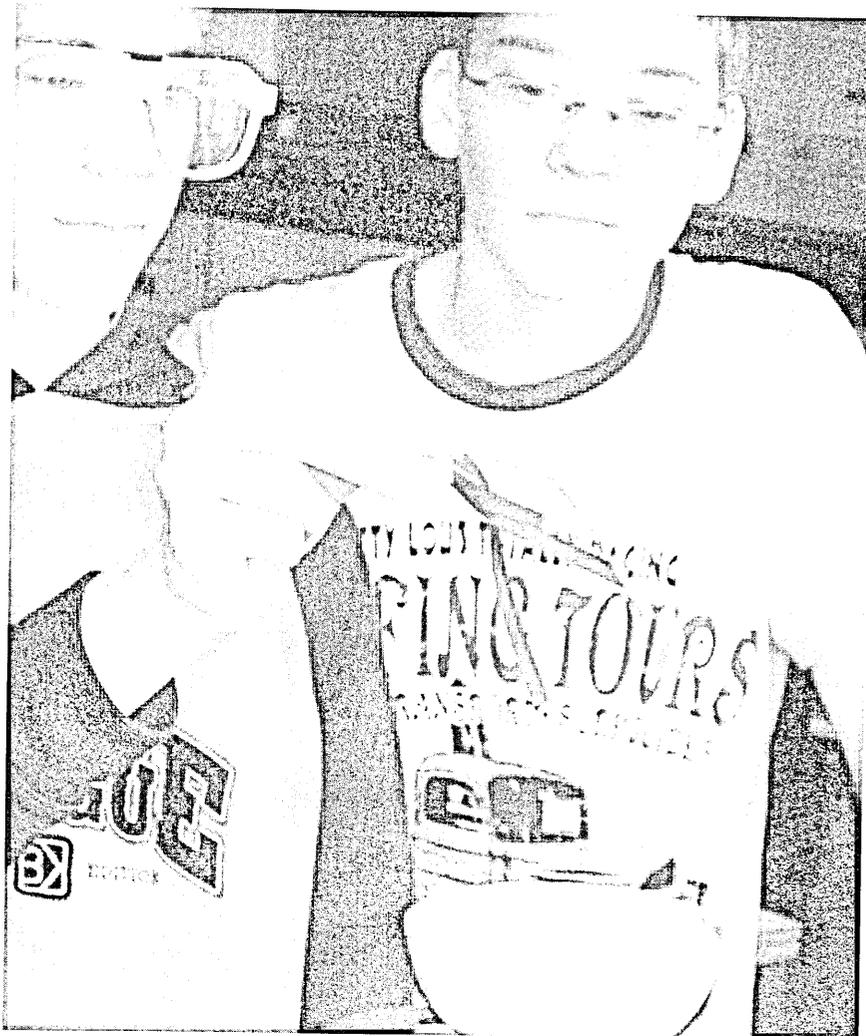


Foto: Hans Frank

Nachweis von Ammoniakdämpfen (vgl. Aufgabe 3)

- Jede Klasse musste acht „Forschungsaufträge“ innerhalb einer Unterrichtsstunde ausführen.
- Hierzu bildeten sich in jeder Klasse acht Teams, die jeweils nur eine der acht Aufgaben zu bearbeiten hatten.
- Jedes Team bekam ein Aufgabenblatt mit Experimental- und Auswertungsaufgaben zur selbstständigen Bearbeitung.
- Für jede Aufgabe wurde eine Experimentalstation aufgebaut, so dass die acht Gruppen einer Klasse gleichzeitig an acht verschiedenen Stationen arbeiten konnten.
- Für die Stationen standen zwei Fachräume zur Verfügung.
- Mindestens zwei Fachlehrkräfte begleiteten die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung und Lösung ihrer Aufgaben.
- Die betreuenden Kolleginnen und Kollegen bewerteten auch die Durchführung der Versuche und die angefertigten Protokolle. Maximal wurden 10 Punkte pro Gruppe vergeben.
- Anschließend wurde die Gesamtpunktzahl der Klasse ermittelt.
- Der Tag endete mit einer schulöffentlichen Siegerehrung, bei der nur die Gesamtergebnisse der Klassen eine Rolle spielten.
- Die Gruppenergebnisse wurden klassenintern evaluiert.

AUFGABE 1

Kaisernatron gegen Sodbrennen

Zeichnung: Igor Kouprine



Kaisernatron ist ein altes Hausmittel. Es wird bei der Zubereitung bestimmter Speisen benutzt, es wird aber auch als ein einfaches Mittel gegen Sodbrennen empfohlen.

Ihr sollt herausfinden, ob der Einsatz von Kaisernatron bei Sodbrennen wirklich sinnvoll ist!

▼ MATERIAL

Schutzbrillen, Reagenzgläser, Rotkohlsaft, Filterpapier, Luftballons, Essigwasser, Kaisernatron, Kalkwasser

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Prüft mit den zur Verfügung stehenden Materialien möglichst viele Eigenschaften von Kaisernatron!
2. a) Plant einen Modellversuch, an dem ihr die Wirkung von Kaisernatron im Magen testen könnt!
b) Führt den Versuch nach Rücksprache mit der Lehrkraft durch!
3. a) Schreibt eure Versuche und Beobachtungen auf!
b) Erklärt nun die Wirkung des Hausmittels Kaisernatron bei Sodbrennen!

Diese Art der Leistungskontrolle war für die Schülerinnen und Schüler sehr motivierend. Der Mannschaftsgedanke stand im Vordergrund. Teamfähige Gruppen schnitten besser ab als Zusammenschlüsse von Einzelkämpfern. Kreative Köpfe konnten ein Team schnell auf die Erfolgsspur bringen, aber auch der fleißige Lerner konnte sein Sachwissen einbringen. Andere zeigten ihre Stärken bei der Ergebnisdarstellung oder einfach bei den manuellen Tätigkeiten.

Das hier skizzierte Konzept des forschenden Lernens mit einer Lernerfolgskontrolle in Teamarbeit scheint geeignet, die Motivation der Schülerinnen und Schüler für die Naturwissenschaften zu erhöhen und die Einbeziehung naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Kompetenzen in die alltägliche Lebenswelt zu fördern.

Im Folgenden werden Aufgaben vorgestellt, die am beschriebenen Formel-C-Tag oder im vorangegangenen Unterricht dazu dienen, forschendes Lernen zu trainieren (**Aufgabe 1–9**). Jede Aufgabe beinhaltet ein Problem aus der Alltagswelt und eine Aufforderung an die Lernenden, einen Lösungsvorschlag oder eine Stellungnahme zu erarbeiten.

Lernvoraussetzungen

Um die Experimentalaufgaben weitgehend selbstständig bewältigen zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler im vorangegangenen Unterricht die nachstehenden Kenntnisse und Fertigkeiten erworben haben:

Methodenkenntnisse:

- Nachweisreaktionen für Gase: Kohlenstoffdioxidnachweis durch Kalkwasserprobe, Sauerstoffnachweis durch Glühspanprobe, Wasserstoffnachweis durch Knallgasprobe
- Säure- und Laugennachweis mit Rotkohlblühe, Lackmus, Indikatorpapier
- Kalknachweis mit Säure
- Rückgewinnung von gelösten Stoffen durch Eindampfen

Stoffkenntnisse:

- Säuren: Essigsäure, Salzsäure, Kohlensäure
- Laugen: Natronlauge, Kalkwasser, Waschlauge, Laugen im Rohrreinger
- Salze: Kristalliner Aufbau, Löslichkeit Kochsalz, Calciumcarbonat
- Kalk als biologischer Baustoff

- Zusammensetzung der Luft,
- Wasserstoff als technisches Gas

Fachwissen der Biologie:

- Verdauung im Magen
- Ernährung der Greifvögel
- Zahnpflege und Ursachen von Karies

► Hans Frank, Fachbereichsleiter Naturwissenschaft an der H.-Nordhoff-Gesamtschule Wolfsburg

Osterburger Str. 3b, 38442 Wolfsburg
H.Frank@wolfsburg.de ◀

AUFGABEN

Formel-C-Tag

Aufgabe 2

Die Magentablette Rennie soll bei Magendrücken und Sodbrennen helfen. Beides kann von einer Übersäuerung des Magens herrühren.

Ihr sollt herausfinden, auf welchem Wege Rennie Abhilfe schafft.

▼ MATERIAL

Schutzbrillen, Reagenzgläser, Rotkohlsaft, Essigwasser, Rennie-Tabletten, destilliertes Wasser

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Findet mit den zur Verfügung stehenden Materialien wichtige Eigenschaften von Rennie heraus!
2. a) Plant einen Modellversuch, an dem ihr die Wirkung von Rennie im Magen testen könnt!
b) Führt den Versuch nach Rücksprache mit der Lehrkraft durch!
3. a) Schreibt die Versuche und Beobachtungen auf!
b) Erklärt nun die Wirkung des Medikaments Rennie bei Sodbrennen!

Aufgabe 3

Hirschhornsalz gilt seit Generationen als Besonderheit unter den Zutaten von Weihnachtsgebäck. Ist das Backen mit dieser Zutat nur ein „alter Zopf“ oder hat dieses Salz nicht doch einmalige Eigenschaften?

Welche Bedeutung hat Hirschhornsalz für den Backvorgang? – Findet es heraus!

▼ MATERIAL

Hirschhornsalz (Ammoniumcarbonat), destilliertes Wasser, Indikatorpapier, Kalkwasser, Bunsenbrenner, Dreifuß, Tondreieck, Porzellanschälchen, Becherglas, Spatel, Schutzbrille, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Luftballons

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Als Einstieg solltet ihr zunächst untersuchen, wie sich Hirschhornsalz bei großer Hitze verhält. Erwärmt zunächst eine Spatelspitze Hirschhornsalz in einem Porzellanschälchen über der Bunsenbrennerflamme. Schnuppert auch mal!
2. Überlegt euch nun Versuche, um genau herauszufinden, welche Produkte entstehen.
3. Führt die Versuche erst nach Rücksprache mit der Lehrkraft durch!
4. a) Schreibt auf, wie ihr eure Versuche durchgeführt habt!
b) Notiert alle Beobachtungen!
5. Formuliert ein Ergebnis zur Ausgangsfrage!

Aufgabe 4

Ihr habt in der letzten Stunde Backrezepte von Rührkuchen und Keksen verglichen und herausgefunden, dass Backpulver nicht zu den Zutaten von Keksen gehört.

Wie unterscheidet sich ein Kuchen vom Keks?

Wie können nur 15 g eines weißen Pulvers diesen Unterschied bewirken?

▼ MATERIAL

Schutzbrillen, Reagenzgläser, Luftballons, Kalkwasser, destilliertes Wasser, Bunsenbrenner, Backpulver, Natriumhydrogencarbonat, Essigsäure

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Achtet auf die Zusammensetzung des Backpulvers! Überlegt euch Versuche, um die Wirkungsweise des Backpulvers zu erforschen. (Tipp: Manchmal hilft ein einfacher „Modellversuch“ weiter!)
2. Führt die Versuche nach Rücksprache mit der Lehrkraft durch!
3. Notiert alle Beobachtungen!
4. Formuliert ein Ergebnis zur Ausgangsfrage!

Aufgabe 5

Ein Laborant hat eine gewisse Unordnung auf seinem Arbeitstisch hinterlassen: Salzsäure, Salzwasser, destilliertes Wasser und Kalkwasser hat er bereitgestellt. Leider hat er die Beschriftungen vergessen.

Helft dem Laboranten Ordnung zu schaffen!

▼ MATERIAL

Schutzbrillen, Reagenzgläser, Rotkohlsaft, Filterpapier, Salzsäure, Salzwasser, Kalkwasser, destilliertes Wasser, Metalllöffel, Bunsenbrenner, Etiketten

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Überlegt, mit welchen Nachweismethoden ihr die fraglichen Stoffe identifizieren könnt!
2. Schreibt eure Versuchsplanung auf!
3. Führt die Versuche nach Rücksprache mit der Lehrkraft durch!
4. Formuliert ein Ergebnis!
5. Kennzeichnet die Gefäße!

AUFGABEN

Aufgabe 6

Vor euch stehen 4 gekennzeichnete Standzylinder, gefüllt mit verschiedenen Gasen. Eines der Gase hat einen stechenden Geruch!

Vorsicht: Es ist in größeren Mengen eingeatmet gesundheitsschädlich!

Findet heraus, welche Gase sich in den Zylindern befinden!

▼ MATERIAL

Schutzbrillen, Reagenzgläser (jede Menge), Rotkohlsaft, Filterpapier, Spanholz, Kalkwasser

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Plant eine Testreihe zur Identifizierung der Gase!
2. Zeigt die Planung der Aufsicht führenden Lehrkraft!
3. a) Führt die Versuche durch und protokolliert die Beobachtungen!
b) Formuliert das Ergebnis!
4. Welche Eigenschaft zeigt das stechend riechende Gas?
 - Gebt zu dem Gas etwas Wasser und testet das Wasser erneut!
5. Warum werden die Schleimhäute auf Dauer von diesem Gas verätzt?
 - Notiert eure Gedanken!

Aufgabe 7

Säuren werden meistens in Glasflaschen aufbewahrt.

Könnte man Säuren nicht auch in Dosen füllen, die weniger leicht zerbrechlich sind?

▼ MATERIAL

Schutzbrillen, Reagenzgläser, verdünnte Salzsäure, Bleiche aus Eisen, Zink, Kupfer, Messing, Zinn

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Plant eine Testreihe, die zeigen soll, ob ein oder mehrere Metalle als Materialien für Säurebehälter in Frage kommen.
2. Besprecht eure Planung mit der Aufsicht führenden Lehrkraft.
3. a) Führt anschließend die Versuche durch und protokolliert sorgfältig!
b) Formuliert ein Ergebnis!
4. Auf eurem Materialtisch stehen Gläser und Dosen, in denen sich konservierte Lebensmittel befanden: Saure Gurken, Apfelsaft und Sauerkirschen im Glas, Bohnen und Ananas in Dosen.
 - Beurteilt in Stichworten, ob das Material dieser Behälter sinnvoll gewählt war.

Aufgabe 8

Im Tierreich gibt es verschiedenartige Skelette oder Gehäuse. Es gibt Tiere mit einem Chitinpanzer, andere mit einer Kalkschale, Wirbeltiere werden von einem Innenskelett gestützt, Tintenfische hingegen besitzen nur einen Schulp.

Erforscht, welche Tiere ihre Skelette oder ihre Gehäuse mit Hilfe von Kalk aufbauen!

▼ MATERIAL

Schutzbrillen, Reagenzgläser, Luftballons, Kalkwasser, Salzsäure (verdünnt), Essigwasser, Natronlauge; Muschelschalen, Schneckenhäuser, Häute des Mehlwurms, abgekochte Schweineknöchel, Sepia-Schulp

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Führt einen Test durch und trifft eine Entscheidung!
2. Berichtet von eurem Versuch schriftlich!
3. Greifvögel speien nach dem Verzehr einer erbeuteten Maus unverdauliche Gewölle wieder aus. Das Gewölle der Eulenvögel enthält Haare und Knochen. Das Gewölle der Falken enthält nur Haare.
 - Äußert Vermutungen, warum dies so ist!

Aufgabe 9

Zu Beginn dieser Unterrichtseinheit habt ihr mehrere Reinigungsmittel auf ihren Säure- oder Laugengehalt untersucht. Die von Säuren und Laugen ausgehenden Gefahren sind euch bekannt.

Wie sieht es mit der Zahnpasta aus? Sie soll nicht nur reinigen, sondern auch Karies vorbeugen und schlechten Atem verhindern.

Können die Versprechungen der Zahnpastawerbung eingehalten werden?

▼ MATERIAL

Schutzbrillen, Reagenzgläser, pH-Teststäbchen, Rotkohlsaft, kleine Bechergläser für Speichelproben

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Bevor ihr eure Untersuchung startet, müsst ihr euch erinnern: Was sind die Ursachen von Karies? Woher kommt starker Mundgeruch? Woraus besteht Zahnbelaug?
2. Untersucht die verschiedenen Zahnpasten
3. Vergleicht und bewertet die Zahnpasta-Marken!
4. Listet mögliche Vor- und Nachteile der verschiedenen Marken auf!
5. Übrigens: Warum ist die Marke „Odol-med 3“ für Kinder unter 7 Jahren nicht geeignet? (Angabe des Herstellers!)

Formel-C-Tag

Aufgabe 1

zu 1: Schülerinnen und Schüler prüfen auf saures/basisches Verhalten, Löslichkeit u. a. Eigenschaften von Kaisernatron (NaHCO_3).

zu 2: Zugabe von Kaisernatron zu Säure und Indikator, Auffangen von CO_2 mithilfe eines Luftballons, der über die Reagenzglasöffnung gezogen wird. Nachweis des CO_2 durch die Kalkwasserprobe.

zu 3: Schülerinnen und Schüler beobachten die Indikatorfarbe, Rückschluss auf Säuregehalt vor und nach Zugabe von Kaisernatron. Entweichendes Gas wird als CO_2 identifiziert. Eventuell Eindampfen der Lösung und Entdecken eines Rückstands.

Erklärung: das basische Kaisernatron neutralisiert die Säure, Salz bleibt als Rückstand

Aufgabe 2

vergleiche Aufgabe 1.

Rennie enthält u. a. schwerer lösliches Magnesiumcarbonat. Die Auflösung der Tabletten im Magen erfolgt langsamer als beim Natriumhydrogencarbonat.

Aufgabe 3

zu 1: Hirschhornsalz wird vollständig in gasförmige Produkte zersetzt. Leicht stechender Geruch.

zu 2 u. 3: Die Gase werden wieder mithilfe eines Luftballons aufgefangen. Nachweis von CO_2 wie in Aufgabe 1. Der stechende Geruch führt zu einem Test mit Indikatorlösung oder Indikatorpapier.

zu 4: Mögliche Beobachtungen sind:

- Niederschlag von Wasserdampf an der kalten Glasgefäßwand,
- das Aufblähen eines übergestülpten Luftballons durch entstehendes Gas,
- positiver CO_2 -Nachweis,
- Nachweis von „Lauge“ (Ammoniak) durch Indikator.

zu 5: Hirschhornsalz zersetzt sich bei Hitze im Backofen, die Gase treiben den Kuchen auf, es bleiben keine festen Rückstände.

Hinweis: Ammoniak ist den Lernenden in der Regel noch unbekannt und muss von der Lehrkraft an dieser Stelle benannt werden.

Aufgabe 4

zu 1: Einfachster Modellversuch: Backpulver wird im Reagenzglas in Wasser aufgeschlämmt und über dem Bunsenbrenner erhitzt.

Alternative: Die Backpulverbestandteile NaHCO_3 und Säure werden gemischt und erhitzt.

zu 2: Das entweichende Gas muss im Luftballon aufgefangen werden und mit Kalkwasser auf CO_2 getestet werden.

zu 4: Das aus dem Backpulver entstehende Gas treibt den Kuchen auf, er wird luftig und locker. Kekse bleiben fest, weil sie ohne Treibmittel gebacken werden.

Aufgabe 5

zu 1: Säuren- und Laugen-Nachweis mit Indikatoren
Kalkwassernachweis mit Atemluft (Niederschlagsbildung)
Salznachweis durch Eindampfen einer Probe auf dem Metalllöffel.

Aufgabe 6

zu 2: Nachweisreaktionen für Gase: Kohlenstoffdioxidnachweis durch Kalkwasserprobe, Sauerstoffnachweis durch Glimmspanprobe, NH_3 wird mit Indikatorpapier getestet.

zu 3b: Es handelt sich um CO_2 , O_2 , N_2 , NH_3 .

zu 4: Ammoniak ist den Lernenden in der Regel noch unbekannt und muss von der Lehrkraft an dieser Stelle benannt werden.

zu 5: Vergleich des gelösten Ammoniaks mit Laugen im Rohrreiniger: Zersetzung organischen Materials.

Aufgabe 7

zu 3: Unedle Metalle zersetzen sich unter Gasentwicklung der Wasserstoff kann durch die Knallgasprobe identifiziert werden. Halbedel- und Edelmetalle verlieren lediglich ihre Oxidschichten.

zu 4: Lebensmittel mit hohem Säuregehalt müssen in Glasbehältern aufbewahrt werden, da aus Kostengründen die edlen Metalle als Konservendosenmaterial nicht in Frage kommen.

Aufgabe 8

zu 2: Nur kalkhaltige Schalen zersetzen sich in Salzsäure unter CO_2 -Entwicklung (Muschelschalen, Schneckenhäuser, Wirbeltierknochen, Sepia-Schulp).

Chitinhäute der Insekten enthalten keinen Kalk.

zu 4: Ohne genügend Salzsäure im Magen können die Eulenvögel nicht das Skelett ihrer Beute verdauen.

Aufgabe 9

Der pH-Wert des Speichels liegt bei pH 6,5–7. Zucker abbauende Streptokokken im Zahnbelag können ihn senken. Diese Bakterien wachsen gut in saurer Umgebung. Zahnpasten sind neutral bis alkalisch. Die Marke „Odol-med-3“ hat einen sehr hohen pH-Wert (pH 9), sie enthält KOH. Auch „blend-a-med complete plus“ ist deutlich alkalisch. Die enthaltenen basischen Agentien sollen Säuren im Mund neutralisieren und das Wachstum der Bakterien hemmen. Schlechter Mundgeruch rührt von Eiweiß abbauenden Bakterien her.

Weiterführende Informationen über die Eiweiß abbauenden Bakterien (Porphyromonas) gibt es z. B. unter den Zahnärztlichen Mitteilungen im Internet unter <http://www.zm-online.de>

„Odol-med-3“ sollte als alkalische Substanz nicht in die Augen gelangen, sie ist deshalb für Kinder ungeeignet!

Die Analyse zweier unbekannter Alkalihalogenide

Eine praktische Aufgabe als Lernzielkontrolle

Von Petra Schütte

Die im Folgenden beschriebene praktische Aufgabe ist eingebettet in den Chemieunterricht der 9. Klassen an der Gesamtschule Schlebusch in Leverkusen. Voraus geht im Unterricht die Behandlung der Halogenide und ihrer Eigenschaften, insbesondere ihre in der Regel gute Wasserlöslichkeit sowie die Niederschlagsbildung bei Zugabe von farbloser Silbernitratlösung. Die Schülerinnen und Schüler erfahren dabei auch, dass man diese Fällungsreaktionen wegen der unterschiedlichen Färbung von Silberchlorid, Silberbromid und Silberjodid als Nachweis für die betreffenden Halogenide verwenden kann (s. **Versuch 1**).

Zur Vorbereitung der sich anschließenden praktischen Aufgabe füllte ich für jedes Schülerpaar zwei kleine, verschließbare Glasfläschchen mit unterschiedlichen Alkalihalogeniden (z. B. Lithiumchlorid und Natriumbromid). Die Zweiergruppen erhielten das **Arbeitsblatt 1**.

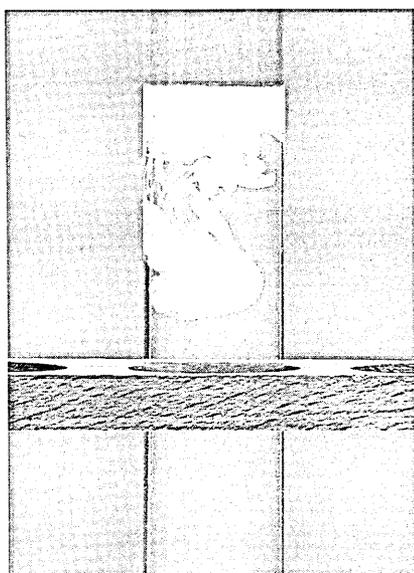


Foto: Volker Minkus

Abb. 1: Chloridionen können mithilfe von Silbernitratlösung nachgewiesen werden

Hinweise zur Durchführung

- Gelegentlich sind nicht alle neun möglichen Alkali-Halogenid-Verbindungen vorrätig; da diese Tatsache den Schülerinnen und Schülern nicht bekannt ist, braucht man den Arbeitsauftrag in diesem Fall nicht zu ändern.
 - Die Schülerpaare holen sich bei der Lehrperson zwei – mit hintereinanderfolgenden Zahlen beschriftete – Glasfläschchen ab, wie z. B. 1,2 oder 3,4 oder 4,5 usw.
 - In den beiden Fläschchen befinden sich immer vier unterschiedliche Ionen. Dies wird den Schülerinnen und Schülern mitgeteilt und erleichtert ihnen das Finden der richtigen Ergebnisse: Bei zwei ähnlichen Flammenfarben oder Niederschlägen müssen sie so lange weiter experimentieren, bis Unterschiede deutlich werden.
 - Die Lehrperson beantwortet während der Experimentierphase keine Fragen, die im Zusammenhang mit der Auswertung stehen wie z. B. „Ist dieser Niederschlag nun gelb oder hellgelb gefärbt?“ oder „War da nicht gerade ein violetter Flammensaum zu sehen?“
 - Alle Zweiergruppen dürfen sich jederzeit mit anderen Zweiergruppen über die Farben der Flammen oder Niederschläge beraten. Die Schülerinnen und Schüler werden darauf aufmerksam gemacht, dass sie dennoch für Ihre eigenen Ergebnisse verantwortlich sind. Täuschungsversuche sind nicht möglich, da nur die Lehrperson die Ergebnisse kennt und die Gruppen möglichst unterschiedliche Stoffkombinationen erhalten.
 - Jedes Paar gibt nach Abschluss seiner Experimente sein Arbeitsblatt mit dem Ergebnis ab, z. B. „Probe Nr. 5 ist Lithiumchlorid (LiCl); Probe Nr. 6 ist Kaliumbromid (KBr).“
- Die Schülerinnen und Schüler werden darauf aufmerksam gemacht, dass es besonders wichtig ist, die Proben nicht zu vertauschen, da sonst das gesamte Analyseergebnis falsch ist.
 - Die Bewertung der praktischen Lernzielkontrolle sollte den Schülerinnen und Schülern bereits vor dem Experimentieren erläutert werden: Alle vier Elemente richtig ermittelt: „sehr gut“, ein Fehler: „gut“ usw. Die Bewertung könnte um die Abgabe eines Versuchsprotokolls ergänzt werden. Dies würde aber ausschließen, dass die Schülerinnen und Schüler am Ende der Doppelstunde das Resultat ihrer praktischen Lernzielkontrolle mitgeteilt bekommen.
 - Besonders schnell arbeitenden Schülerinnen und Schülern kann man eine oder zwei weitere Proben zur Analyse zur Verfügung stellen.
 - Während des Aufräumens kann die Lehrkraft bereits mit der Auswertung beginnen, um den Schülerinnen und Schülern die Ergebnisse und Noten der Lernzielkontrolle noch am Ende der Doppelstunde mitzuteilen.
- Ein solches Aufgabenarrangement, das aufgrund seines Rätselcharakters auf die Schülerinnen und Schüler aktivierend und motivierend wirkt und der Lehrperson die Position des Beobachters zuweist, trägt unter anderem zu einer Entlastung für die Lehrkraft bei und fördert die Unterrichtsmotivation bei allen.

► **OSTR' Petra Schütte**, Lehrerin an der Gesamtschule-Schlebusch in Leverkusen

Blumenweg 1, 51519 Odenthal
SchuetteP@freenet.de
www.PS-Chemieunterricht.de ◀

VERSUCH 1

Fällung von Halogeniden

▼ GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Drei saubere Reagenzgläser, Natriumchlorid, Natriumbromid, Natriumiodid (bzw. die entsprechenden Kaliumverbindungen), wässrige Silbernitratlösung (Xi, R36/38), destilliertes Wasser

▼ DURCHFÜHRUNG

Man gibt jeweils eine kleine Spatelspitze Natriumchlorid, Natriumbromid und Natriumiodid (bzw. die entsprechenden Kaliumverbindungen) in ein sauberes Reagenzglas. Nun fügt man ca. 2 cm hoch destilliertes Wasser hinzu und löst die Salze durch Schütteln. Anschließend gibt man zu jeder Lösung 3–4 Tropfen Silbernitratlösung. (Sauberes Arbeiten und die Verwendung von Unterlagen verhindern die Bildung schwarzbrauner Flecken auf der Haut und der Tischoberfläche).

▼ BEOBACHTUNG

In der Lösung, die Chlorid enthält, fällt ein käsiger weißer Niederschlag aus.

In der Lösung, die Bromid enthält, fällt ein hellgelber Niederschlag aus.

In der Lösung, die Iodid enthält, fällt ein gelber Niederschlag aus.

▼ DEUTUNG

Bei der Zugabe von Silbernitratlösung zu einer Halogenidlösung fällt ein schwer wasserlöslicher Silberhalogenidniederschlag aus, der je nach Halogenid anders gefärbt ist.

▼ AUFGABE

Formuliere die Reaktionsgleichungen in der Wort- und Formelschreibweise für die drei Fällungsreaktionen.

ARBEITSBLATT 1

Analyse zweier unbekannter Alkalihalogenide

Die unbekanntten Verbindungen können folgende Elemente enthalten:

Alkalimetalle: Lithium, Natrium, Kalium

Halogene: Chlor, Brom, Iod

Folgende Verbindungen können also vorliegen:

	Chlor	Brom	Iod
Lithium	Lithiumchlorid	Lithiumbromid	Lithiumiodid
Natrium	Natriumchlorid	Natriumbromid	Natriumiodid
Kalium	Kaliumchlorid	Kaliumbromid	Kaliumiodid

Führe folgende Nachweisverfahren durch:

1. Ermittle das Alkalimetall durch Überprüfung der Flammenfarbe:

- Glühe das Magnesiastäbchen aus.
- Befeuchte es mit verdünnter Salzsäure.
- Nehme die Probe auf und halte sie in die Flamme.
- Glühe verunreinigte Stäbchen immer erst aus!

Mögliche Ergebnisse:

Rote Flammenfärbung: Die Verbindung enthält Lithium.

Gelbe Flammenfärbung: Die Verbindung enthält Natrium.

Violette Flammenfärbung: Die Verbindung enthält Kalium.

2. Ermittle das Halogenid durch Überprüfung mit Silbernitratlösung:

- Löse eine Spatelspitze der Probe in destilliertem Wasser auf.
- Gib 3 Tropfen Silbernitratlösung hinzu.

Mögliche Ergebnisse:

Weißer, käsiger Niederschlag: Die Verbindung enthält Chlorid.

Hellgelber Niederschlag: Die Verbindung enthält Bromid.

Gelber Niederschlag: Die Verbindung enthält Iodid.

Ergebnis der Analyse:

Probe Nr. ist

Probe Nr. ist

Experimentelle Wettbewerbsaufgaben

Von Heinz Wambach

„Schülerwettbewerbe sind besonders geeignet, Kinder und Jugendliche zur intensiven Beschäftigung mit neuen Fragestellungen und Inhalten anzuregen, Talente zu wecken, zu fördern und zu fordern. Sie unterstützen Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung selbstständiger, kreativer und kooperativer Arbeitsformen“ [1].

Seit 1996 wurde eine neue Generation von Schülerwettbewerben für die Sekundarstufe I in Chemie entwickelt [2; 3;4, S. 117 ff]. Es handelt sich um jahrgangsübergreifende Experimentalwettbewerbe, an denen bereits Kinder teilnehmen können, die noch keinen Unterricht im Fach Chemie erhalten. Diese Möglichkeit bietet sich inzwischen Schülerinnen und Schülern in 11 Bundesländern mit neun Wettbewerbsangeboten [5] (**Aufgaben 1** und **2**).

Zur Analyse von Aufgaben in den Naturwissenschaften

Wie viel Bildungsmöglichkeiten sind in Wettbewerbsaufgaben enthalten?

Fischer und Draxler [6] stellen nüchtern fest: „Experimente werden, entgegen der Erwartung, wegen akribischer Anleitungen sehr undifferenziert und mit nur geringem Wissenszuwachs bearbeitet“ [6, S. 389]. Aber auch offene experimentelle Fragestellungen können erfolgreich bleiben, wenn erforderliches Vorwissen fehlt und damit geringe Möglichkeiten vorhanden sind, das eigene Handeln zu strukturieren. Eine Balance zwischen Selbstständigkeit und Gebundenheit sollte aber kein unlösbarer, sondern ein notwendiger und hilfreicher Widerspruch sein. Wie viel aktives, selbstständiges Lernen erreicht wird, ist vor allem abhängig von der Lernmotivation[7].

Als Orientierung für die Analyse der Wettbewerbsaufgaben dient hier das Kategoriensystem, das Fischer und Draxler [6] für naturwissenschaftliche Aufgaben entwickelt haben (s. **Tab. 1**). Zur Erfassung der Schwierigkeiten einer Aufgabe

Kategoriensystem zur Analyse der Wettbewerbsaufgaben

Alltags- bzw. lebensweltliches Umfeld (Kontext):

Fachliche Themen und Stoffe:

Lösungsschritte/Teilaufgaben:

experimentell, phänomenorientiert, kontextbezogen (horizontale Vernetzung), erklärend, halbquantitativ, rechnerisch, theoretisch-konzeptionell (vertikale Vernetzung)

Ausführungs-Kategorien / Teilaufgaben

Experimentierverhalten: imitatorisch, organisierend, konzeptionell
Offenheit im Lösungsweg: mehrere Wege, ein Weg; ohne/mit Vorgaben:
grob, grundsätzlich, detailliert
Antwort-Format: Auswahl-, Kurz-Antwort, erweiterte Antwort

Kompetenzstufen/Teilaufgaben

Anwenden naturwissenschaftlichen Alltagswissens
Einfache Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene
Anwenden von Regeln, Gesetzen, Faktenwissen
Anwenden von Konzepten, Verfahren, Modellvorstellungen
Argumentieren und Problemlösen
Überwinden von Fehlvorstellungen

Tab. 1: Datenblatt für Wettbewerbsaufgaben (in Anlehnung an [6])

dienen vor allem die Kompetenzstufen in hierarchischer Anordnung. Mit ihrer Zuordnung zu einzelnen Teilaufgaben wird ein deutlicher Hinweis über den Anforderungscharakter abzulesen sein.

Analyse der Beispielaufgaben

Das **alltags- bzw. lebensweltliche Umfeld** der Aufgaben reicht von Baumaterial und Brausetabletten bis hin zu Windeln mit Superabsorbent. Dazu kommen in beiden Beispielen diverse Haushaltsstoffe für alltäglich anfallende Arbeitsprozesse, z. B. Spülmittel, Kochsalzlösungen, Zucker, Haushaltssessig.

Die **fachlichen Themen und Stoffe** orientieren sich an den eingesetzten Haushaltsmaterialien, hier Salze, Gase, Kunststoffe, eingebettet in Prozesse wie Mischungen, Lösungen, Absorptionen, Gel-Bildung, chemische Reaktionen.

Bei den **Lösungsschritten** geht es in der Regel zunächst darum, Stoffe und Materialien aus dem Haushalt zum Experimentieren zusammen zu stellen, vorgegebene Experimente durchzuführen und auf der Phänomenebene Ablauf und

Beobachtungen im Kontextbezug zu beschreiben. Einerseits finden die experimentellen Schritte eine Fortsetzung, andererseits sind Aufträge ab Klassenstufe 8 in altersgemäßer Form erklärender, halbquantitativer, gelegentlich rechnerischer Art, in der letzten Klassenstufe, in 10 bzw. 11 dann theoretisch-konzeptioneller Natur, insbesondere auch für die vertikale Vernetzung zwischen Fachinhalt und Kontext. Für das notwendige Vorwissen ist der/die einzelne Schüler/in selbst verantwortlich, er/sie erhält jedoch genügend Anstöße und Zeit sich bei Eltern, im Schulbuch, im Lexikon oder über Internet zu informieren und so den eigenen Vorwissensstand auszubauen.

Bei den Ausführungskategorien sind die Wettbewerbsaufgaben so konzipiert, dass zunächst eine Versuchsanleitung abgearbeitet wird. Die notwendigen Stoffe werden aus dem eigenen Umfeld zusammengestellt: Brausetabletten, Gips, Spülmittel oder Windeln mit Inhaltsstoffen.

Im Vergleich zu „Chemie entdecken“ sind die Aufgaben bei „Chem All“ offener, in Richtung organisierendes Experimentieren formuliert, wobei durchaus Fehl-

starts beabsichtigt sein können. In beiden Wettbewerbsaufgaben folgen zusätzliche Experimentieraufträge für höhere Klassenstufen, wo Schülerinnen und Schüler sogar nicht leicht zu bestimmende Messgrößen, wie Dichte und Gasvolumina, oder Hypothesen, wie Absorption und Gel-Bildung, bei der Nutzung von Alltagsprodukten erarbeiten und dazu Versuchsbeobachtungen in Beziehung setzen, die für eine methodische Überprüfung benötigt werden. In höheren Jahrgangsstufen werden sie aufgefordert, einen Versuchsaufbau bzw. ein Untersuchungsvorhaben selbst zu entwickeln. „Im Sinne naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen erscheint konzeptuelles Experimentieren besonders wünschenswert. Gleichzeitig stellt es aber auch die anspruchsvollste Form der Behandlung experimenteller Fragestellungen dar“ [6, S. 391].

Mit der Öffnung der Experimentieranleitungen einher gehen in der Regel die kontextbezogenen und erklärenden Fragestellungen. Bei ChemAll ist dies deutlich erkennbar bei den Aufgaben 2, 3 und 7, bei Chemie entdecken beim Testen von Superabsorbentien und im Suchen nach weiteren Anwendungen in den Aufgaben für die Klasse 9. Klare, in der Regel eindeutige Lösungen werden in den fachlich vertiefenden Fragen für aufsteigende Klassenstufen erwartet, wenn hier Reaktionsgleichungen aufgestellt bzw. fachliche Konzepte oder Modellvorstellungen angewendet werden sollen. Hier entsteht für viele Teilnehmer die Aufforderung nach Fakten-Recherche, da die gestellten Aufgaben sich nicht auf den zur Zeit an den Schulen behandelten Unterrichtsstoff beziehen können. An dieser Stelle wird jeder Schüler und jede Schülerin in die Verantwortung für seine bzw. ihre eigenen Lernvoraussetzungen genommen.

Beide Wettbewerbsaufgaben fordern im Antwort-Format erläuternde, vernetzende und den Kontextbezug integrierende Textversionen.

In Tabelle 2 und 3 wird dargestellt, welche **Kompetenzstufen** den einzelnen Teilaufgaben zugeordnet werden können. Es ist deutlich erkennbar, dass zunächst die unteren Kompetenzstufen angesprochen werden und dann der Schwierigkeitsgrad ansteigt. Meines Erachtens ist vor allem die Kompetenzstufe III – Anwenden von Regeln, Gesetzen,

	1	2	3	4	5	6	7
Naturwissenschaftliches Alltagswissen	x		x				
Erklärung einfacher Phänomene	x			x			x
Regeln, Gesetze, Faktenwissen		x	x		x	x	
Konzepte, Verfahren, Modelle				x	x	x	
Argumentieren und Problemlösen Gegen Fehlvorstellungen		x	x			x	

Tab. 2: Kompetenzstufen in den Teilaufgaben von GIPS LIGHT

	1	2	3	Kl. 7	Kl. 9	10.1	10.2
Naturwissenschaftliches Alltagswissen	x	x	x				
Erklärung einfacher Phänomene		x	x	x			
Regeln, Gesetze, Faktenwissen			x	x	x	x	
Konzepte, Verfahren, Modelle					x	x	x
Argumentieren und Problemlösen Gegen Fehlvorstellungen			x	x			x

Tab. 3: Kompetenzstufen in den Teilaufgaben von WINDELN – wirklich Hightech!

Faktenwissen – ein Gradmesser für Anforderungen zur selbstständigen Informationsbeschaffung; die Kompetenzstufe IV – Anwendung von Konzepten, Verfahren und Modellen – erfordert im Allgemeinen Aktualisierung des Chemieverständnisses aus dem eigenen Unterricht. In allen Wettbewerbsaufgaben werden die Schülerinnen und Schüler zum „Argumentieren und Problemlösen“ aufgefordert und sollen dies dann schriftlich niederlegen. Ausgehend vom praktischen Einstieg geht es darum, den Untersuchungsgegenstand zu einer Fragestellung werden zu lassen, eine Situation zu schaffen, die zum weitergehenden Erkunden in experimenteller und theoretischer Hinsicht reizt.

Gerade hier sehe ich gute Einstiegsstellen für eine Mitarbeit am Wettbewerb „Schüler experimentieren“ bzw. „Jugend forscht“, wo die Teilnehmer ihr eigenes Thema und ihre eigene naturwissenschaftliche Fragestellung möglichst selbst finden und präzisieren sollen.

Die Teilnehmerzahlen bei den Wettbewerben steigen kontinuierlich an. Pro Wettbewerbsrunde beschäftigen sich inzwischen mehr als 10000 junge Schülerinnen und Schüler mit den Chemie-Experimenten und Aufträgen. Die Erfahrungen zeigen, dass Kinder ein großes Interesse an naturwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen haben, noch bevor der reguläre Chemie- und Physikunterricht einsetzt. Damit gewinnen die

se Wettbewerbe an grundsätzlicher Bedeutung, zumal die Vermutung nahe liegt, dass die Einstellung von Kindern zu den Naturwissenschaften schon in jungen Jahren mitgeprägt wird.

Literatur

- [1] MSWF NRW: Förderung von Schülerwettbewerben. Runderlass, Az.: 734-36-72/0-529/2000, Düsseldorf 18.10.2000
- [2] Hahn, E.: „Chemie im Alltag: das Experiment“ – ein neuer Chemiewettbewerb stellt sich vor. MNU 49 (1996) H. 7, S. 444
- [3] Schwenk, T.: Chemie im Alltag: das Experiment. In Wambach, H. (Hrsg.): Förderung von Jugendlichen in Chemie. LIT Verlag, Münster 1997
- [4] Schulze, I.; Funke, M.; Schmid, O. (Hrsg.): Symposium zur Förderung Talentierter und besonders Begabter im mathematisch-naturw.-technischen Bereich. Heft 63 der Schriftenreihe des Förderverein MNU 2001
- [5] Schulze, I.; Wambach, H.: Fachtagung Experimentelle Schülerwettbewerbe Chemie in der Sekundarstufe I. CHEMKON 11 (2004), H. 2, S. 88
- [6] Fischer, H. E.; Drachsler, D.: Aufgaben und naturwissenschaftlicher Unterricht. MNU 54 (2001) H. 7, S. 388-393
- [7] Lompscher, J.: Selbständiges Lernen anleiten. Friedrich Jahresheft 1997, S. 46-49

► Prof. Dr. Heinz Wambach, Dezernent (LRSD) in der Schulabteilung/Schulaufsicht, u. a. für Chemieunterricht

Herbert-Lewin-Str. 15, 50931 Köln ◀

AUFGABE 1

Gips Light

Chem All (B-W)



Chemie im Alltag

Das Experiment (1/2000)

Chemacella bearbeitet sorgfältig einen Gasbetonstein. Sie möchte eine Kopfbüste daraus gestalten. Chemallex schaut zu und meint schon Ähnlichkeiten mit seinem Gesicht zu erkennen.

Mach doch selbst mal einen Leichtbaustoff aus Gips. Du brauchst dazu einige Materialien, die du besorgen kannst, oder die du im Haushalt findest:

Calcium Brausetabletten z.B. aus dem Drogeriemarkt (1 Tablette sehr fein pulverisiert), Stuckgips (etwa 100 g Pulver), Geschirrspülmittel (1 Tropfen), Wasser (?), große Joghurtbecher, Bastelsäge oder Taschenmesser, Briefwaage, Backofen (eventuell für Aufgabe 2).

Die Materialliste enthält fast alles was du brauchst. Vielleicht soll dein Produkt aber elastischer oder???werden und du erfindest noch weitere interessante Gipsvarianten.

© Schwenk 1999

▼ AUFGABE 1

Stelle einen Leichtbaustoff und einen „normal“ ausgehärteten Gips her. Beschreibe genau wie du dies machst. Was kannst du alles beobachten? Suche nach Begründungen für die unterschiedlichen Eigenschaften.

Zusätzlich ab Klasse 8:

▼ AUFGABE 2

Bestimme die Dichten deiner Gipsprodukte. Schreibe auf, wie du dabei vorgehst.

▼ AUFGABE 3

Wie kannst du experimentell ermitteln wie viel Wasser deine Gipsprodukte speichern können? Zu welchen Ergebnissen kommst du?

Zusätzlich ab Klasse 10:

▼ AUFGABE 4

Welche chemischen Unterschiede bestehen zwischen deinem Leichtbaustoff und käuflichen Gasbetonsteinen (z.B. Ytong®)?

▼ AUFGABE 5

Schreibe die Reaktionsgleichung auf, die das Aushärten von Gips zeigt.

Zusätzlich für Klasse 11:

▼ AUFGABE 6

Formuliere die Reaktionsgleichung (mit Strukturformeln), die den Vorgang der Porenbildung im Gips light beschreibt.

▼ AUFGABE 7

Wie könntest du das Volumen der Luft in den Poren deines Gips light annähernd bestimmen?

AUFGABE 2

Windeln – wirklich Hightech!

Experimentalwettbewerb der Klassenstufen 6–10 in NRW
Chemie entdecken (2–2000)

Das Experiment:

Besorge dir Babywindeln (am besten Größe Maxi) und destilliertes Wasser (Drogerie) für folgende Testreihe:



▼ AUFGABE 1

Gieße auf einen Stapel Küchenkrepp (gleiche Schichtdicke wie bei der Windel) und auf eine Windel je einen Viertelliter Leitungswasser. Führe anschließend eine Druckprüfung durch, indem du einen Kochtopf mit 1 L Wasser gefüllt auf beides stellst und danach versuchst, die Materialien auszuwringen.

▼ AUFGABE 2

Prüfe den Aufbau einer Windel, indem du Schicht für Schicht entfernst. Schüttele dann vorsichtig die sich im Innern befindenden weißen Kügelchen heraus (Tipp: Verwende ein feinmaschiges Haushaltssieb, siebe zweimal, und arbeite dabei in einer Plastiktüte, da es staubt.)

▼ AUFGABE 3

Teste nun die Eigenschaften der weißen Kügelchen, die zu den so genannten Superabsorbentern gehören.

1. Gib zu einem gestrichenen Teelöffel Superabsorber unter Rühren 100 mL Leitungswasser und beobachte. Wiederhole den Vorgang mit Zucker statt mit Superabsorber.
2. Gib zu je einem gestrichenen Teelöffel Superabsorber 100 mL a) destilliertes Wasser b) Leitungswasser c) 0,9%ige Kochsalzlösung, die man physiologische Kochsalzlösung nennt (9 g Kochsalz in 1 L Wasser auflösen). Entwickle eine Versuchsreihe, in der du die Konzentration der Kochsalzlösung veränderst.
3. Nimm etwas von der Superabsorberprobe von 2.a) und streue Kochsalz darauf, auf eine weitere Probe Zucker.
4. Lass die Probe von 2.a) mehrere Tage lang in einer flachen Schale stehen, und zum Vergleich ebenso 100 mL destilliertes Wasser.

Wichtiger Hinweis: Superabsorberreste dürfen nicht in den Ausguss – gib sie zum Hausmüll!

Dein Versuchsbericht:

Du kannst im Team experimentieren, aber jeder, der am Wettbewerb teilnehmen möchte, muss seinen selbstständig formulierten Versuchsbericht schreiben.

Beschreibe deine Beobachtungen bei der gesamten Testreihe und gib bei 2. eine Erklärung für die Funktion der Bestandteile einer Windel.

Zusätzlich ab Klasse 7:

Was ist ein Absorber? Sind deine Beobachtungen bei 3.2 für Windelhersteller wichtig?

Zusätzlich ab Klasse 9:

1. Was ist ein Gel, und was fällt dir zum Begriff Gel im Haushalt ein?
2. Informiere dich, wo Superabsorber praktisch noch eingesetzt werden. Gib drei Beispiele an und erläutere sie kurz.

Zusätzlich ab Klasse 10:

1. Superabsorber sind Kunststoffe. Aus welchen Grundbausteinen (Name, Formel) werden sie hergestellt?
2. Versuche die Beobachtungen bei 3. zu erklären.

Viele Informationen zum Thema erhältst du beispielsweise im Internet:

<http://www.thgm.pf.bw.schule.de/Jufo/pages/13.htm>
oder
<http://www.br-online.de/wissenschaft/wimfs/tm/tm9601.html>
<http://idw.tu-clausthal.de/public/pmid-119/zeigepm.html>
oder
<http://www.stockhausen.com/d/index.htm>
<http://www.goodfellow.com/static/G/AC33.html>

Literatur: Günter Vollmer, Christoph Merschmcke (Hrsg.), Chemie in Köln und Umgebung, I & S GmbH, Bonn 1997

Aufgaben für einen offeneren Chemieunterricht

Von Volker Woest und Ingo Eilks

Herrn Prof. Dr. Eberhard Just zu seinem 65. Geburtstag gewidmet

Lernen bedeutet, sich in einem neuen, unbekanntem Gebiet zurechtzufinden. Anders als im Alltag stehen hierfür in der Schule ortskundige Führer bereit: Die Lehrerinnen und Lehrer. Diese nehmen ihre Schülerinnen und Schüler an die Hand und zeigen ihnen ihre Sicht eines Unterrichtsfaches. Manchmal fragen Lehrkräfte die Lernenden, wie und wohin es im Unterricht weitergehen soll. Leider haben sie dabei aber häufig schon einen Weg im Kopf und warten nur, bis jemand die geplante Richtung vorschlägt. Schülerinnen und Schüler, die falsche – zum Teil auch nur andere – Wege nehmen wollen, die vorausseilen oder zurückbleiben, werden auf den Weg zurückgeholt, den der Lehrplan vorgibt.

Diese Darstellung von Unterricht ist sicherlich überspitzt und die meisten Lehrkräfte werden diese Pauschalisierung zu Recht zurückweisen. Dennoch ist nicht zu leugnen, dass der Chemieunterricht in Deutschland als inhaltlich lehrerzentriert, kleinschrittig und linear gilt. Er zielt vorrangig auf die Vermittlung von Fachinhalten ab, orientiert sich dabei an fachlichen Strukturen und erzeugt wenig Problemlösekompetenz und anwendbares Wissen. Aber auch die Beiträge des Chemieunterrichts zur Vermittlung von nicht fachlichen Kompetenzen, der Kommunikations-, Kooperations- oder Selbstbestimmungsfähigkeit werden als nicht sehr hoch eingeschätzt. So hat es über Jahrzehnte immer wieder Forderungen nach einer Veränderung von Chemieunterricht gegeben: Fragestellungen sollen offener angegangen werden, Unterricht soll sich methodisch öffnen, oder das Lernen soll außerschulische Lernorte berücksichtigen.



Zeichnung: Igor Kuprime

Die eingangs geäußerte Kritik ist somit nicht neu. Im Unterricht hat sich aber nur wenig geändert. Betrachtet man die Diskussionen zu PISA und TIMSS, taucht aber diese Kritik immer wieder auf. Auch die Antworten sind immer wieder die gleichen: Es soll kontextorientierter, methodisch variabler und orientiert an den Grundkonzepten einer Scientific Literacy unterrichtet werden.

Diese Antwort ist natürlich pauschal, aber sie ist ein guter Anknüpfungspunkt über die Gestaltung von Aufgaben nachzudenken. Oft wird in Deutschland über Unterricht diskutiert, und man hat das Gefühl, dass das Loslassen, das Zulassen und das Abgeben von Verantwortung und Planungsmonopol ein ungutes Gefühl bei den Lehrenden auslöst. Statt-

dessen versuchen sie, das Geschehen unter Kontrolle zu halten. Sie planen Unterricht als Drehbuch und versuchen die Schülerreaktionen zu antizipieren, um darauf dann durchstrukturiert zu reagieren und den nächsten Schritt gut durchdacht anzuleiten. Dieses Vorgehen vermittelt ihnen ein Gefühl von Sicherheit.

Doch diese Sicherheit ist trügerisch, führt sie doch im Idealfall dazu, dass der Unterricht dann auch genauso verläuft. Spontaneität oder Kreativität werden nicht herausgefordert. Die Chance, auf neuen und eigenen Wegen zu lernen, Grundlage jedes konstruktivistischen Verständnisses von Lernen, ist nicht vorhanden.

Ist das die richtige Art, Lernprozesse zu organisieren? Hierzu eine Analogie: Wird man in einer fremden Stadt durch ei-

nen Ortskundigen geführt, so hat man später Schwierigkeiten, den gleichen Weg selbstständig wiederzufinden. Andererseits fällt es oft selbst nach Jahren noch leicht, Wege wiederzufinden, die man selbst gesucht, gefunden und erkundet hat. Zudem lernt man Methoden kennen, die man auch in einer neuen Umgebung nutzen kann. Diese Analogie könnte erklären, warum unsere Schülerinnen und Schüler bei den internationalen Vergleichsstudien nur mäßig erfolgreich waren. Dort wird nämlich nicht nach den Wegen gefragt, sondern das Suchen, Erkunden und Beschreiben steht im Vordergrund.

Im Folgenden soll anhand einiger Aufgabenstellungen diskutiert werden, wie anders strukturierte Aufgaben dazu beitragen können, Unterricht in diese Richtung zu öffnen (**Beispiele 1–3, Arbeitsblatt 1**). Sie sind sozusagen die „Wegmarken“ entlang eines offeneren, selbstgesteuerten Lernens.

Experimente zwischen Kochrezepten und Egg-Races

Das Experiment ist in den Naturwissenschaften ein zentrales Element, eine Hypothese zu überprüfen oder zu neuen Ideen zu gelangen. In der Regel hat man eine Vorstellung vom Ergebnis des Experiments. Ist das Ergebnis aber vorher bereits völlig klar, lohnt es sich kaum das Experiment durchzuführen. Ein gutes Experiment für die naturwissenschaftliche Forschung ist demnach ein Experiment, das unerwartete und unvorhersehbare Beobachtungen und Ergebnisse zu Tage fördert oder zumindest nicht hinreichend gesicherte Vermutungen bestätigt.

In der Schule ist dies häufig anders: Experimente werden durchgeführt, um Sachverhalte zu demonstrieren. Das Experiment folgt einer präzisen Anleitung, der Ausgang des Experiments ist (zumindest der Lehrkraft) bekannt. Ein gutes Experiment liefert hier genau die erwartete Information. Nichts spricht gegen diese Funktion von Experimenten, es sei denn, das Experimentieren bleibt auf diese Rolle beschränkt. In diesem Fall kann die Bedeutung des Experimentierens für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess nur nachvollzogen, nicht aber erfahren werden.

Beispiel 1: Welcher Zucker ist der süßeste?

Du hast eine Waage, verschiedene saubere Messgefäße und Gläser, Löffel, Puderzucker, Haushaltszucker, Kandiszucker und Wasser. Alle Materialien sind aus der Küche, du kannst also alles probieren. Welcher der Zucker schmeckt am süßesten? Beschreibe deine Untersuchung und begründe dein Ergebnis.

Hier sollen die Schülerinnen und Schüler eine Untersuchung planen und durchführen. Das Ergebnis kann ganz unterschiedlich ausfallen, je nachdem ob mit Feststoffen oder mit Lösungen gearbeitet wird. Die Schülerinnen und Schüler müssen überlegen, ob sie mit gleichen Massen oder gleichen Volumina der Feststoffe arbeiten. Sie müssen entscheiden, welcher Geschmack entscheidend ist oder herausfinden, ob es eine maßgebliche objektive Skala gibt. Bei diesem Versuch ist nicht das Ergebnis am wichtigsten. Wir wissen anders als die Schülerinnen und Schüler, dass es sich bei „den drei Zuckern“ chemisch um den gleichen Stoff handelt. Gleiche Massen sollten sowohl in fester wie in gelöster Form die gleiche Süßkraft haben. Aber lässt sich das beim Geschmackstest überprüfen? Ziel des Versuches ist, dass die Schülerinnen und Schüler etwas über die Anlage einer solchen Untersuchung lernen, über die Aspekte, die man dabei beachten muss und über die Notwendigkeit einer genauen Dokumentation des Vorgehens. Dies ist nicht einfach, aber die Diskussionen dorthin können ungemein lehrreich sein.

Beispiel 2: Der Nagellackentferner in der Duschgeltüte

Du benötigst eine ausgewaschene und trockene Nachfülltüte für Duschgel (500 mL), Nagellackentferner auf Acetonbasis, einen großen Topf mit Wasser, einen Herd oder eine Heizplatte, eine Pipette. Erhitze das Wasser im halb gefüllten Topf auf etwa 80°C. Drücke alle Luft aus der Duschgeltüte und gib 1,5 mL des Nagellackentferners hinein und verschließe. Lege nun die Tüte in das heiße Wasser. Nimm sie nach einiger Zeit vorsichtig wieder heraus.

Dieser Versuch ist geeignet, Schülerinnen und Schülern das Verdampfen und Kondensieren und den erhöhten Raumbedarf einer Substanz nach dem Verdampfen zu demonstrieren. Es können verschiedene Betrachtungen und Berechnungen rund um den flüssigen und gasförmigen Zustand durchgeführt werden [2]. Dennoch ist klar, welche Beobachtungen gemacht werden sollen, welches Ergebnis am Ende stehen soll.

Offener angelegt könnte das Experiment aber auch eine ganz andere Fragestellung liefern:

Du hast eine ausgewaschene und trockene Nachfülltüte für Duschgel (500 mL), Nagellackentferner auf Acetonbasis, einen großen Topf mit Wasser, einen Herd oder eine Heizplatte und eine Pipette. Erreiche mit möglichst wenig Nagellackentferner, dass die Nachfülltüte straff gefüllt ist und nichts als Nagellackentferner enthält. Wie viel Nagellackentferner habt ihr benötigt?

Diese Aufgabe kann nicht mehr nach Kochrezept abgearbeitet werden. Sie erfordert die Anwendung verschiedener fachlicher Konzepte, angefangen bei der Idee des Verdampfens der Flüssigkeit, der Frage „Ist „Nagellackentfernerdampf“ auch Nagellackentferner?“, der Suche nach dem Siedepunkt des Nagellackentferners und der Suche nach der kleinstmöglichen ausreichenden Menge und dem Ausprobieren. Wenn die Schülerinnen und Schüler die Gasgesetze bereits kennen, können sie sogar eine theoretische Lösung herleiten und überprüfen.

Dies geht schon in die Richtung der Idee von Egg-Races [3], offene Aufgaben, die in einen Wettbewerb eingebunden werden (s. Beispiel 3).

**Beispiel 3:
The Great Egg-Race**

Ihr habt folgende Aufgabe: Baut ein Gefährt, das ein frisches Hühnerei so weit wie möglich transportiert. Dabei darf nur die Energie genutzt werden, die in einem Gummiband gespeichert werden kann (zitiert nach [3]).

Hier gibt es sehr viele Möglichkeiten. Die Lösung ist offen und nicht einmal die Lehrkraft kennt in der Regel „die“ optimale Lösung (wenn es sie denn gibt). Im Gegenteil, um zu einer Lösung zu kommen, ist erforderlich, dass geplant und ausprobiert wird, dass unterschiedliche Ansätze diskutiert und getestet werden. Hierbei lernen Schülerinnen und Schüler viel über die Natur der Naturwissenschaften – und das Tüfteln macht Spaß.

Experimentelle Aufgaben sollen aber nicht nur die Funktion haben, bereits bekannte Phänomene zu reproduzieren. Gerade im Sinne eines konstruktivistischen Lernens bietet das Ausprobieren, das Suchen, das Fragen stellen vielerlei Mög-

lichkeiten jenseits reiner Kochrezepte, zu neuen Erfahrungen zu gelangen (vgl. [1]). Stattdessen sollten experimentelle Aufgaben Kreativität herausfordern und die Möglichkeit bieten, vorhandenes Wissen zusammenzuführen und anzuwenden und letztlich zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. Dies kann auf unterschiedlichen Wegen realisiert werden, je nachdem in welchen Zusammenhang die Experimente eingebunden werden und wie die experimentelle Aufgabenstellung formuliert wird (Beispiele 1 bis 3).

Alltagsorientierung durch Handeln im Alltag

Handlungsaufgaben sind Aufgaben, die die Schülerinnen und Schüler zu realen Handlungen im Alltagsumfeld anleiten. Sie gehen über das konventionelle schulische Handlungsrepertoire hinaus. Ihnen kommt eine besondere Bedeutung zu, wenn Unterricht bezüglich der Interessen, Bedürfnisse und Lernweisen der Schülerinnen und Schüler ausgerichtet und differenziert werden soll. Sie unterstützen den Lernprozess als Träger von Informationen, Aufträgen oder Lernhilfen. Für die Förderung selbstständiger Aktivitäten (Suchen, Forschen, Experimentieren) sind sie so zu gestalten, dass sie in differenzierter Weise Anregungen und Informationen anbieten.

Dabei sollten sie Inhalte möglichst in einem weiten Spektrum mit verschiedenen Zugangsmöglichkeiten anbieten und vor allem den Erwerb von Handlungskompetenzen initiieren. Dies geschieht, indem der Unterricht zu außerschulischen Lernorten geöffnet wird und so ein Stück Realität (z. B. Freizeit oder privates Verhalten) zur thematischen Bearbeitung angeboten wird. Diese Aufgabenart fordert die Schülerinnen und Schüler auf, Erkundungen durchzuführen, das eigene private Handeln und Verhalten zu thematisieren oder „Expertenmeinungen“ einzuholen. Informationen werden so auf anderen, in der Schule nur selten begangenen, Wegen gesammelt.

Damit die Handlungsaufgaben tatsächlich die Brücke zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler schlagen können und zur Vermittlung von wichtigen Kompetenzen für den Alltag beitragen, sollten die folgenden sechs Aspekte Beachtung finden (vgl. [4]):

- Sie zielen auf Zusammenhänge und Inhalte aus der Erfahrungs- und Vorstellungswelt der Schülerinnen und Schüler ab und können so eher verstanden werden.
- Sie greifen tatsächliche oder plausible Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler auf und besitzen somit für sie Bedeutsamkeit.
- Die Lösung der Aufgaben erfordert – wie bei nahezu allen Problemen aus

Handlungsaufgabe	Beispiel
Befragung von Fachleuten im Getränkemarkt oder im Recyclinghof
Durchführung einer Umfrage zu den Kauf- und Trinkgewohnheiten der Mitschülerinnen und Mitschüler.
Dokumentation von Beobachtungen zum Kaufverhalten der Verbraucher in einem Supermarkt.
Untersuchung von Werbematerial der Getränkeindustrie. Was wird bei verschiedenen Verpackungen positiv bzw. negativ herausgestellt?
Protokollieren eigener Erfahrungen ...	und Dokumentieren der eigenen Konsumgewohnheiten.
Sammeln von Argumenten und Gegenargumenten für verschiedene Getränkeverpackungen.
Zusammenstellen von Informationen über Verpackungsmaterialien (Rohstoffe, Aufbau, Unterscheidungsmöglichkeiten, Recycling).
Erkunden der Schule	Getränkeverpackungsmüll auf dem Schulhof, Getränke im Schulkiosk

Tab. 1: Alltagsorientierte Handlungsaufgaben zum Thema „Getränkeverpackungen“

Umfrage zu den Kauf- und Trinkgewohnheiten der Mitschüler

Handlungsform:

Großes Maß an Selbstständigkeit beim Handeln: Die Aufgabe gibt Anregungen zu einer Umfrage, zeigt dabei aber nur mögliche, nicht verpflichtende Bearbeitungswege auf.

Innere Beteiligung beim Handeln: Die Anbindung des Problems an den unmittelbaren Lebensbereich erhöht die Bereitschaft zur Identifikation und Auseinandersetzung.

Unmittelbare Auseinandersetzung mit Gegenständen und Sachverhalten: Die Umfrage bei Mitschülerinnen und Mitschülern, das Sammeln und Darstellen der Ergebnisse ist nicht nur an den kognitiven Bereich gebunden.

Handlungsergebnis:

Vorweisbarkeit der Ergebnisse: Die gewonnenen Ergebnisse können als Produkt den Mitschülerinnen und Mitschülern vorgestellt werden.

Bedeutung auch für andere: Das Ergebnis hat einen unmittelbaren Bezug zu den Mitschülerinnen und Mitschülern und zur Lehrperson, da jeder von diesem Problem betroffen ist und sich in den Ergebnissen wiederfindet.

Gerade im offenen Unterricht wird deutlich, dass der eigentlich auf Vermittlung zielende Fachunterricht fast ausschließlich auf theoretische Informationen und erdachte Problemsituationen beschränkt ist. Die bewusste Förderung des außerschulischen Agierens versucht diesen Mangel zu beheben. Viele Erfahrungsberichte zeigen, dass das Schulgebäude und die Umgebung im Stadtteil – sonst kaum Gegenstand des Chemieunterrichts – von vielen Schülerinnen und Schülern gern als Aktionsfeld genutzt werden. Häufig stoßen sie hier auf Phänomene oder Informationen, die sie ohne Aufgabenstellung in ihrem Alltag nicht bewusst wahrgenommen hätten [7, 8].

dem Alltag – Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten aus verschiedenen Disziplinen.

- Sie enthalten vielfältige Aktivitäten, die über das Lesen von Texten oder schriftliche Aufgaben deutlich hinausgehen. In ihrer Bearbeitung sollen die Schülerinnen und Schüler über ihre Ergebnisse diskutieren und auch selbst handelnd aktiv werden, indem sie z. B. Befragungen durchführen oder Alltagshandeln beobachten.
 - Sie haben einen angemessenen Grad an Schwierigkeit und Abstraktion, so dass die Schülerinnen und Schüler zwar herausgefordert sind, sie aber eine reelle Chance auf ihre Bewältigung haben und nicht demotiviert werden.
 - Sie sollten zu einem Ergebnis (z. B. Darstellung einer Umfrage oder modellhafte Darstellung der Ergebnisse) führen, das nicht nur für die Schülerinnen und Schüler selbst, sondern auch für andere (Mitschüler oder Eltern) wichtig ist.
- Mit solchen Handlungsaufgaben kann

es gelingen, andere Perspektiven in die Betrachtung fachlicher Inhalte und Fragestellungen zu integrieren (vgl. **Tab. 1**). Sie können aufzeigen, dass es für viele Zusammenhänge notwendig und sinnvoll ist, naturwissenschaftliche Kenntnisse zu besitzen, auch wenn viele Entscheidungen und Einschätzungen durch sie allein nicht zu treffen sind, da hier soziale, ökologische und ökonomische Argumente und Wertungen hinzutreten. Selbst die Lehrkraft kennt die Antwort nicht, da es sie in objektiver und exakter Form vielleicht auch gar nicht gibt. Zudem können die Lernenden mit diesem Aufgabentyp erfahren, dass die Anwendung naturwissenschaftlicher Kompetenz in Alltagszusammenhängen bei vielen Bürgerinnen und Bürgern nur beschränkt ausgeprägt ist (vgl. z. B. [5]).

Die Handlungsorientierung derartiger Aufgaben kann mithilfe der Handlungsform und des Handlungsergebnisses beurteilt werden [6]. Dies soll am Beispiel der Aufgabe „Durchführung einer Umfrage zu den Kauf und Trinkgewohnheiten der

Mitschüler“ deutlich gemacht werden (s. **Kasten**).

Innere Differenzierung, Selbstverantwortung und kooperatives Lernen

Es ist eine Binsenweisheit, dass Schülerinnen und Schüler individuell sehr unterschiedlich sind. Dennoch sitzen viele von ihnen im selben Klassenraum, sollen dieselben Lehrpläne erfüllen und die gleichen Inhalte lernen. Dass ihnen dies nicht durchweg in gleicher Güte gelingen kann, ist fast so selbstverständlich, wie sie unterschiedlich intelligent, fachlich begabt oder interessiert sind. Welche Ziele sollen dann im Unterricht verfolgt werden, und wie können sie erreicht werden?

Ein wichtiges Ziel von Unterricht und Schule ist, die Schülerinnen und Schüler zur Selbstständigkeit zu erziehen. In den letzten Jahren wurden viele neue Ansätze entwickelt (bzw. ältere auch im Fachunterricht der Sekundarstufe etabliert), die es den Schülerinnen und Schülern durch eine entsprechende Öffnung in der übergeordneten Aufgabenstellung erlauben, aus den gestellten konkreten Aufgaben auszuwählen bzw. diese in Gruppen zu bearbeiten. Dieses Angebot ermöglicht eine Differenzierung sowohl bezüglich des Schwierigkeitsgrades als auch bezüglich der Inhaltsauswahl oder der gewählten Arbeitsformen. Es bietet einen Rahmen an, der gleichermaßen Freiheiten, aber auch verbindliche Vorgaben enthält. Zu nennen sind hier u. a.

- das Stationenlernen (z. B. [9])
- die Arbeit mit Lernkarteien (z. B. [10])
- oder verschiedene Formen des Kooperativen Lernens (z. B. [11, 12]).

Erfahrungen zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler diese Freiheiten zu schätzen wissen. Sie arbeiten engagierter und motivierter, und die Lerneffektivität im fachlich-kognitiven Bereich ist in der Regel vergleichbar, wenn nicht höher, als im herkömmlichen Unterricht [z. B. 13]. Daneben werden Sozialkompetenzen (z. B. Kommunikation, Übernahme von Verantwortung) entwickelt, denen zunehmend ein höherer Stellenwert zugemessen wird, und auch der Lehrkraft eröffnen sich Freiräume, die entweder als Verschnaufspause oder für die individuelle Betreuung einzelner Schülerinnen und Schüler genutzt werden können.

Binnendifferenzierende Lernhilfen

- Durch freie Kombinierbarkeit der Elemente sollen möglichst viele individuelle Denkwege angeregt werden, wobei zu Beginn das Herangehen an die Aufgabenlösung erleichtert wird („Starter-Funktion“).
- Alle Aufgabenelemente sind gleichzeitig präsent, so dass planend eigene Verknüpfungen erzeugt werden können (Funktion: „Vielfältige Präsentation“).
- Das Übersichtsblatt liefert „Denkanstöße“ und hilft, durch die Gesamtrepräsentation „Bearbeitungssperren“ zu überwinden.
- Während die Lernenden allein oder in Gruppen mit dem Material arbeiten, hat die Lehrperson Zeit, sich um einzelne Schülerinnen und Schüler zu kümmern, eine Situation, die sich im normalen Unterricht leider viel zu selten ergibt.
- Der Lehrkraft als „Konstrukteurin von Aufgaben“ erschließt sich auf diesem Wege – bei der Vorbereitung (Sammeln von unstrukturierten Fragen) und der Erstellung der Lernhilfen (Anordnung der Antwortmöglichkeiten) – die Aufgabenstruktur (Inhaltselemente) und deren Lösungsmöglichkeit (Bearbeitungswege) aus Sicht der Lernenden.

Darüber hinaus lässt sich Binnendifferenzierung auch innerhalb einzelner Aufgaben durch eine differenzierte Aufgabenstellung ermöglichen. Der Ansatz binnendifferenzierender Lernhilfen beim Aufgab lösen von Just geht beispielsweise davon aus, dass es notwendig ist, „dass jeder Schüler sich die Lerngegenstände selbst aneignet, d. h. dass er sie – seinen Denkweisen entsprechend – mit bisherigen Wissens elementen verbindet. Dabei ist es nicht für jeden Schüler optimal, wenn er auf seinem Lernweg mehr-

fach nach der Denkweise des Lehrers geführt wird.“ [14]. Binnendifferenzierende Lernhilfen (vgl. **Kasten**) müssen den Lernenden Möglichkeiten zur eigenen Strukturierung bieten. Im **Arbeitsblatt 1** werden zur Lösung der Übungsaufgabe gehörende Inhaltselemente (Hilfen) ohne Strukturierung vorgegeben.

Ausblick

Zusammenfassend lassen sich verschiedene Kriterien für Aufgaben formulieren, die zu einer stärkeren Öffnung und Schülerorientierung führen. Es ist besonders wichtig, dass diese Aufgaben Optionen für verschiedene Wege ihrer Bearbeitung und Lösung zulassen, und diese Entscheidungen (Was bearbeite ich in welcher Reihenfolge mit welchem Ziel?) für eine oder mehrere Optionen werden durch die Schülerinnen und Schüler getroffen.

Dies wird verschiedene Bereiche treffen und in unterschiedlichem Ausmaß umgesetzt werden. Dennoch machen solche Aufgaben Unterricht ein Stück weit weniger planbar, weniger vorhersehbar. Sie geben das Planungs- und Lenkungsmonopol der Lehrkraft ein weites Stück an die Schülerinnen und Schüler bzw. an den sich tatsächlich entwickelnden Verlauf des Unterrichts ab. Sie öffnen Unterricht. Das ist sicher zunächst erst einmal ungewohnt. Aber neben der Tatsache, dass Unterricht hierdurch den Voraussetzungen und Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler eher nachkommen kann, kann er dadurch auch spannender und abwechslungsreicher werden (im Übrigen nicht nur für die Schülerinnen und Schüler).

► Prof. Dr. Volker Woest, Professor für Didaktik der Chemie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
August-Bebel-Str. 6–8, 07743 Jena

volker.woest@uni-jena.de

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 ◀

Literatur

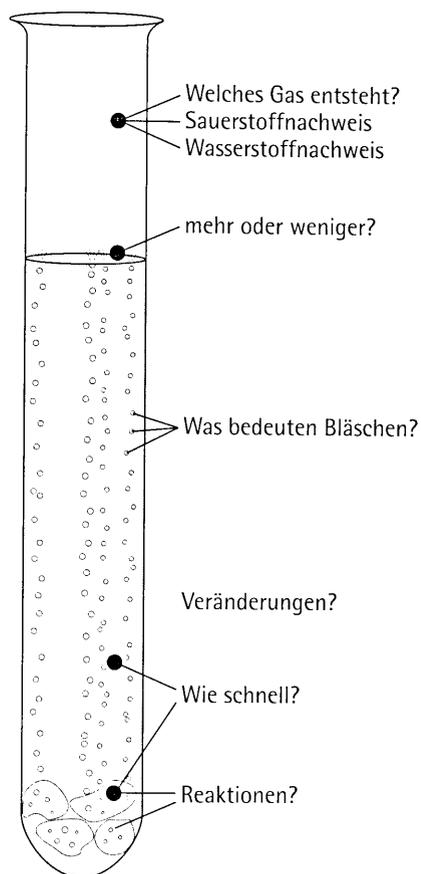
- [1] Schallies, M.: Naturwissenschaftlicher Unterricht im neuen Jahrhundert. *BiuZ* 32 (2002) 50–57
- [2] Gregory, U.; Eilks, I.: Rechnen mit Größen und Größenordnungen – oder: Wie viel „Nichts“ ist im Gas? MNU angenommen
- [3] Gärtner, H. J.; Scharf, V.: Egg Race – Kreativität beim Experimentieren im Chemieunterricht. *Friedrich Jahresheft XV* (1997) S. 77–79
- [4] Tulodziecki, G.: Unterricht mit Jugendlichen. Bad Heilbrunn 1987, S. 60
- [5] Becker, H.-J.: Ein Alltagsdialog über „Joghurt“ – Chance für einen fachaufweitenden Chemieunterricht. *PdN-Ch* 44 (1995) H. 6, S. 17–20
- [6] Schittko, K.: Das Konzept des wahl differenzierten Unterrichts – Erziehung zur Selbstständigkeit und Kooperation. In: Arbeitsgruppe WDU: Wahldifferenzierter Unterricht in der Hauptschule. Hannover 1988, S. 278
- [7] Woest, V.: Offener Chemieunterricht – Konstruktion, Erprobung, Bewertung. Alsbach/Bergstraße 1995
- [8] Woest, V.: Thema „Gefährliche organische Stoffe im Alltag“. *Wahldifferenzierter Chemieunterricht in der gymnasialen Oberstufe. Chem. Sch.* 42 (1995) S. 7–16
- [9] Stäudel, L. (Hrsg.): Lernen an Stationen. *NiU-Ch* 11 (2000) H. 58/59
- [10] Stehr, K.; Eilks, I.: Üben mit einer Lernkartei – Beispiel: Chemische Formelsprache. *NiU-Ch* 14 (2003) H. 2, S. 23–26
- [11] Leerhoff, G.; Eilks, I.: Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich den Atombau – Erfahrungen mit einem Gruppenpuzzle. *Prax. Sch.* 5–10 13 (2002) H. 5, S. 49–56
- [12] 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
- [13] Eilks, I.: Kooperatives Lernen im Chemieunterricht, *MNU* 56(2003) S. 51–55 und S. 111–115
- [14] Just, E.: Ein Beitrag zur Entwicklung binnendifferenzierender Maßnahmen während der individuellen Aneignung neuer Lehrinhalte. *Chem. Did.* 11 (1985) S. 95–108

Wie reagiert Zink mit Salzsäure?

Einige Stückchen Zink werden in ein Reagenzglas mit Salzsäure geworfen.

Was passiert?

Beschreibe den Versuch und werte ihn anschließend aus, lege dazu ein Protokoll an!



Fragen zum Ergebnis:

- Können außer Zink noch andere Stoffe mit Salzsäure reagieren?
- Wie läuft die Reaktion, wenn ich vorsichtig mit dem Brenner erhitze?
- Kann ich anstelle der Salzsäure eine andere Säure nehmen?
- Wie würde Zink als Pulver reagieren?
- Welche Formeln haben die Ausgangsstoffe?
- Wie kann ich feststellen, ob Zink mit Wasser reagiert?
- Welche Aussagen enthält das Ergebnis?
- Haben sich alle Teilchen verändert?
- Welche Formeln haben die entstandenen Stoffe?
- Welche Metalle sind unedel?
- Wie kann ich feststellen, ob ein Salz entstanden ist?

Das Öffnen von Aufgaben

Strategien und Beispiele

Von Oliver Wißner

*„Jedes Aha-Erlebnis wird von einem Kick im Hirn belohnt. Spezielle Botenstoffe machen das Lernen zum Vergnügen. Das lässt sich an Babys beobachten – ihnen haben wir die Lust am Lernen noch nicht abtrainiert.“
(„Auf der Suche nach dem Kopiertrieb“, Die Zeit, Nr. 48, 21. 11. 02)*

Jeder Lehrende kennt die Herausforderung, den Unterrichtsstoff didaktisch und methodisch so zu konzipieren, dass dieser ihm und vor allen Dingen auch den Schülerinnen und Schülern attraktiv und lernenswert erscheint. Wie man Aufgaben so verändern kann, dass sie komplexere Anforderungen stellen, wie man sie in Lernarrangements umwandelt, deren Struktur eine hohe Partizipation der Lernenden fördert und damit vielleicht auch mehr Aha-Effekte bei den Lernenden ermöglicht, wird im Folgenden an mehreren Beispielen gezeigt.

Die Modifikation von Aufgaben

Folgende „Werkzeuge“ stehen zur Verfügung, um Aufgaben zu modifizieren und damit die Anforderungen vielschichtiger werden zu lassen:

- **Weglassen**
 - z. B. konkrete Zahlenangaben weglassen
 - Schrittfolgen, Teilfragen oder die Fragestellung insgesamt weglassen
- **Verändern**
 - Aufgabentexte abwandeln (auch durch Schülerinnen und Schüler)
 - Varianten suchen lassen
- **Erfinden**
 - neue Aufgaben zum gegebenen Themenkreis erfinden
 - Geschehnisse / Ereignisse im Alltag aufgreifen und modifizieren
 - Didaktische Reduktion von zu komplizierten Sachverhalten

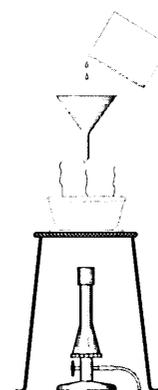
AUFGABE 1

Trennung eines Sand-Salz-Gemisches

A

Zur Trennung eines Gemisches aus Sand und Salz hast du folgende Versuchsschritte durchzuführen:

1. Nimm etwa zwei Teelöffel des Gemisches und gib es zu einem etwa zu einem Drittel mit Wasser gefüllten Becherglas.
2. Gieße nun diese Suspension durch einen Trichter mit einem Papierfilter und fange das Filtrat mit einer Porzellanschale auf.
3. Stelle als nächstes die Porzellanschale mit der Lösung auf einen Dreifuß und entzündet den Brenner. Notiere eure Beobachtung!



Welche Stoffeigenschaften nutzt man zur Trennung von Sand und Salz?

B

Gestern Abend war Benny angekommen. 200 km Wildnis lagen hinter ihm, 200 km bis zur nächsten Menschenseele. Hier am Ufer des Yukon konnte man noch immer ein Schnäppchen mit der Goldwäscherei machen. Benny war glücklich, aber hungrig.

Zum Glück war ihm gestern ein Hase vor die Flinte gekommen. Etwas fade schmeckte er, na ja, er hatte ja genug Salz. Benny langte mit der Hand zur Salzpackung, da ließ ihn ein wildes Gebrumm zusammenzucken – ein Grizzly. Benny sprang, stolperte, bekam das Gewehr zu fassen, ein Schuss löste sich. Der Grizzly ergriff die Flucht. Puuh, das war überstanden.

Aber das Salz war überall im Ufersand verstreut. Keine Chance, es sauber zurück in die Packung zu bekommen. Benny dachte mit Schaudern an das Essen der nächsten Monate – zu fade oder mit Geknirsche zwischen den Zähnen.

Könnt ihr Benny eine bessere Lösung anbieten?



Zeichnung: Tatjana Sarajew-Grenz

- oder von Schülerinnen und Schülern selbst erfinden lassen

■ **Umkehren**

- „gegeben“ und „gesucht“ vertauschen
- Lernende neue Aufgabentypen entwickeln / vertauschen lassen

Geschlossene und offene Aufgaben

Der Unterschied zwischen geschlossenen und offenen Aufgaben soll am Beispiel der Aufgaben 1A und 1B zum Thema „Trennverfahren“ dargestellt werden.

Beide Aufgaben beschäftigen sich mit den Eigenschaften von Stoffen sowie mit deren Nutzung zur Stofftrennung. Während die eine jedoch einen klaren Lösungsweg vorgibt, fordert die andere auf, eigene Lösungsansätze zu entwickeln. Das Ergebnis kann selbstverständlich ein ähnliches Experiment (Stofftrennung aufgrund unterschiedlicher Siedepunkte) sein, schließt aber andere Möglichkeiten (z. B. Sieben = Nutzung unterschiedlicher Teilchengröße und Kristallform) nicht aus. Der wichtigste Unterschied besteht aber darin, dass die zweite Aufgabe die kognitive Herausforderung enthält, für ein Problem einen eignen Lösungsweg zu entwickeln und experimentell zu überprüfen.

Beispiele aus der Praxis

Der Rutherford'sche Streuversuch

Bei der Standard-Präsentation des Rutherford'schen Streuversuchs geht es in der Regel um den Nachvollzug des historischen Experiments (**Abb. 1**) und seines Beitrags zum Verständnis der Materie. Die eigentliche Problemstellung „Wie ist ein Atom in seinem Inneren aufgebaut?“ wird meist bereits durch eine entsprechende Überschrift „Das Kern-Hülle-Modell“ vorweggenommen. Die Leistung der Lernenden besteht darin, das Experiment in seinem Aufbau nachzuvollziehen, das Ergebnis auswendig zu lernen und mit dem daraus geschlussfolgerten Modell zu arbeiten. Die Informationen sind klar strukturiert, sie haben einen Ausgangspunkt, einen vorgegebenen Lösungsweg und ein definiertes Ergebnis.

Durch eine Art Umkehrung wird der Rutherford'sche Streuversuch zu einer komplexen Aufgabe: Der Versuchsauf-

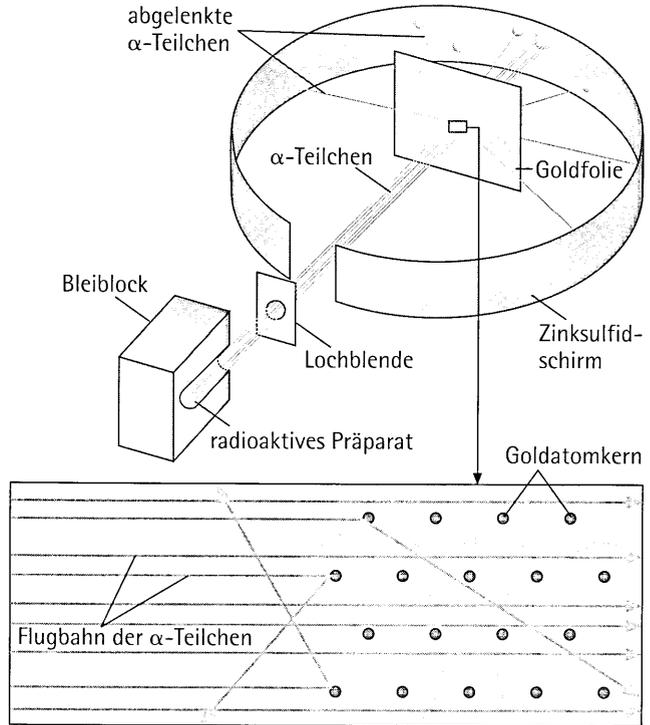


Abb. 1: Der Rutherford'sche Streuversuch

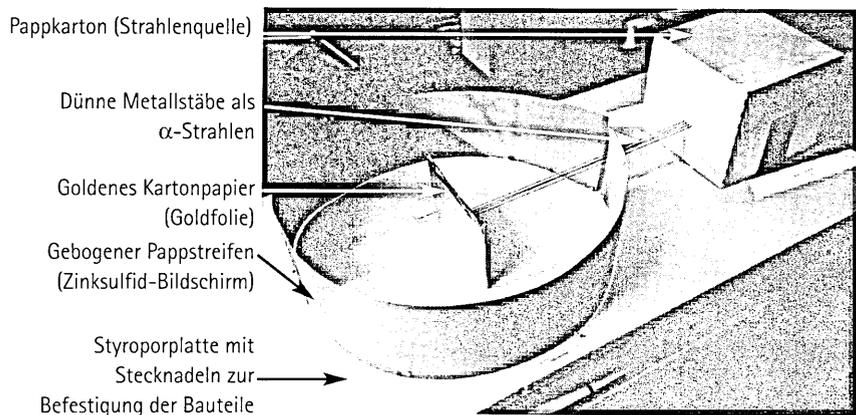


Abb. 2: Streuversuch im Modell

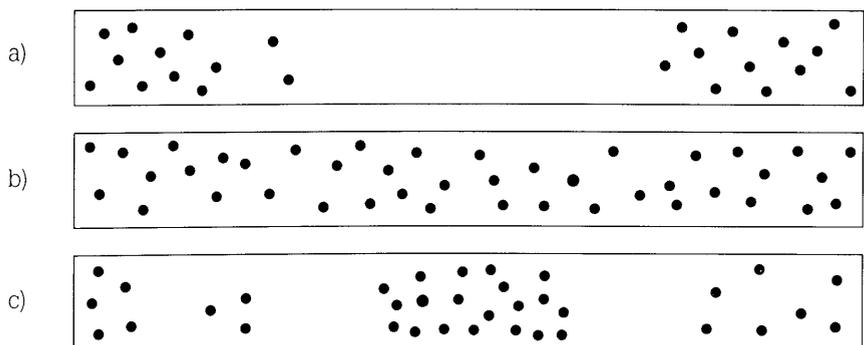


Abb. 3: Schematische Darstellung der Streuung

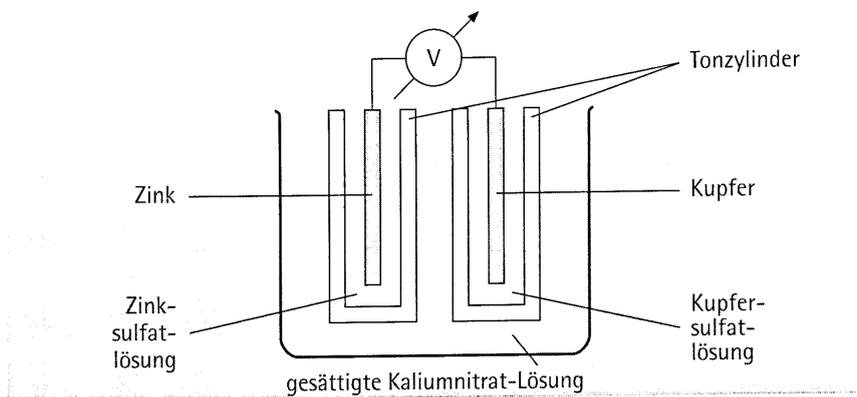


Abb. 4: Aufbau einer Galvanischen Zelle

bau wird im historischen Kontext erklärt und dargestellt, ohne das Ergebnis des Versuches vorwegzunehmen. Die Schülerinnen und Schüler erhalten die Aufgabe, sich ein mögliches Ergebnis zu überlegen, genauer: welches „Trefferbild“ der Zinksulfidschirm erhalten könnte, nachdem die Goldfolie mit wesentlich kleineren, doppelt positiv geladenen Teilchen beschossen worden ist. Grundlage der Schülervermutungen ist zunächst das Teilchenmodell, d. h. alle Aussagen müssen mithilfe dieses einfachen Modells erklärt werden.

Diese Aufgabe kann unterstützt werden durch ein mehr oder weniger detailreiches Modell des Versuchsaufbaus (Abb. 2). Anstelle der in der Abbildung ge-

zeigten Apparatur genügt auch der zum Kreis gebogene Pappstreifen verknüpft mit einer schematischen Darstellung (Abb. 3).

Die bei diesem Vorgehen erhaltenen Schülerhypothesen fallen sehr unterschiedlich aus. Sie werden in einer gemeinsamen Runde diskutiert. Anschließend werden die Lernenden mit dem tatsächlichen Ergebnis konfrontiert. Im Vordergrund steht hierbei nicht die Präsentation eines einzigen Ergebnisses, sondern die Interpretation eines experimentellen Befundes vor dem Hintergrund eigener Vorstellungen. Der Streuversuch gewinnt somit auf der Grundlage der Schülervorstellungen an Bedeutung, bzw. der „Originalfilmstreifen“ mit seinen

Belichtungspunkten wird zugänglicher und die Schlussfolgerungen und damit das Kern-Hülle-Modell anschaulicher. Auf diese Weise wird ein Schritt der historischen Genese der Atommodelle eingebettet in die eigenen Hypothesen der Lernenden. Sie begründeten ihre Trefferbilder wie folgt:

Vorschlag a) liegt aus Sicht der Schülerinnen und Schüler offenbar am nächsten. Kleine Kugeln, geladen oder nicht, die auf eine „Wand“ von größeren Kugeln treffen, werden vergleichbar mit Billardkugeln reflektiert.

Vorschlag b) vermittelt den Eindruck, die Teilchen hätten die Goldfolie gleichmäßig durchdrungen. Auf Nachfrage äußerte sich

ein Schüler dahingehend, dass die α -Teilchen durch die Lücken zwischen den Kugeln hätten durchfliegen können.

Vorschlag c) wurde u. a. so erklärt, dass Teilchen in der Lage sind, Zwischenräume zu passieren, dann aber an den nächsten, tiefer liegenden Schicht abprallen könnten, was sie halblinks und halbrechts positioniert auf den Schirm aufschlagen ließe.

Beim anschließenden Vergleich der eigenen Hypothesen mit dem historischen Befund kann es zwangsläufig zu einem kognitiven Konflikt kommen, an dessen Ende das einfache Kugelmodell (Dalton) an seine Grenzen geführt und Platz geschaffen wird für ein neues, tragfähigeres Modell, das Kern-Hülle-Modell.

Eine weitere Möglichkeit, die Aufgabe zu öffnen, besteht darin, das historische Ergebnis zu zeigen, um dann mithilfe des Teilchenmodells eine Erklärung zu formulieren.

Die galvanische Zelle

„Es werden eine Zink- und eine Kupferhalbzelle hergestellt. Dazu füllt man je einen Tonzyylinder mit der Lösung von Zinksulfat* bzw. Kupfersulfat*, $c=1\text{mol/L}$. In die Lösungen werden entsprechende Metallelektroden getaucht. Die beiden Halbzellen stellt man in ein Becherglas mit gesättigter Kaliumnitratlösung. Mit einem hochohmigen Voltmeter wird die Spannung zwischen den Elektroden (Gleichspannung, Messbereich 3 V) gemessen.“

*Wiederholen Sie den Versuch mit anderen Halbzellen: z. B. $\text{Pb/Pb(NO}_3)_2$ gegen Cu/CuSO_4 ; oder Zn/ZnSO_4 gegen Ag/AgNO_3 ; oder $\text{Pb/Pb(NO}_3)_2$ gegen AgNO_3 ; oder andere. Es soll hierbei stets c (Salz) = 1 mol/L sein.“

So oder ähnlich wird die galvanische Zelle (Abb. 4) gelegentlich im Unterricht eingeführt. Eine im Unterschied hierzu offene Aufgabenstellung kann z. B. wie im Kasten dargestellt aussehen:

Die Aufgabe „Eine elektrisierende Idee“ ist in mehrfacher Hinsicht offen. Ausgehend von dem Problem der Gewinnung von elektrischer aus chemischer Energie, sind sowohl die Gestaltung des Lösungsweges als auch die Lösung selbst offen (vgl. Abb. 5). Daher differieren die erhaltenen Potentiale von den eingesetzten Redoxpartnern. Es tauchen z. B. zwei Reaktionen innerhalb einer Halbzelle auf, indem in der Anoden-

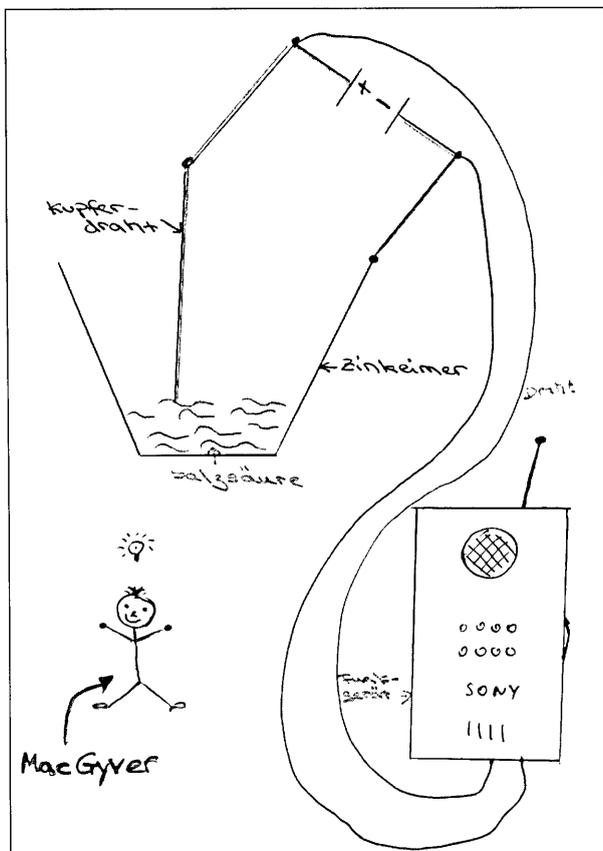


Abb. 5: Beispiel für eine Gruppenlösung

AUFGABE 2

Eine elektrisierende Idee

MacGyver befindet sich auf einem Ausflug in den Bergen. Das Ziel seiner Reise ist ein verlassenes Goldgräbernest in den Rocky Mountains. Dort angekommen möchte er den Rangern die Nachricht seiner sicheren Ankunft mitteilen. Zu seiner Beunruhigung muss er feststellen, dass die Batterien seines Funkgerätes entladen sind und er keine weiteren zum Auswechseln mit sich führt. Auf der Suche nach Ersatz durchsucht er das alte Camp nach Brauchbarem. Nach einiger Zeit hat er einige Materialien aus den Schürf- und Metallgewinnungsanlagen zusammengetragen und überlegt nun, ob ihm diese bei seinem Vorhaben elektrische Energie für den Betrieb seines Funkgerätes zu gewinnen von Nutzen sein könnten.



Zeichnung: Tatjana Sarajew-Grenz

▼ GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Stative, Stativklappen, Reagenzglashalter, Metallspatel, Rundkolben, Erlenmeyerkolben, Blecheimer aus Zink, Blecheimer aus Kupfer, Metallsäge, Zange, Glaschalen, U-Rohr, verschiedene Glasrohre, Messzylinder, Filterpapier, Papier, Kupferdraht, Kohlestäbe, Taschenmesser, Gummischläuche, Bindfaden, Stoff, Teebeutel, dickes Papier, eine Flasche mit Salzsäure, eine Flasche mit Schwefelsäure, eine Wasserflasche, ein Erlenmeyerkolben mit einer blauen Flüssigkeit, u. a.

▼ AUFGABE

Überlegt in Tischgruppen, wie ihr mithilfe von Redoxreaktionen (Elektronenübertragungsreaktionen) elektrischen Strom erzeugen könnt, um einen Verbraucher, z. B. eine Lampe oder ein Funkgerät, betreiben zu können. Macht einen konkreten Vorschlag für einen entsprechenden Versuchsaufbau in Form einer Skizze auf einem Folienabschnitt. Der Verbraucher soll erst einmal ein Messgerät sein.

▼ ZUSATZAUFGABE

Welche physikalische Größe sollte man mit dem Messgerät bestimmen können?

halbzelle das Zink zusätzlich durch den Einsatz von Salzsäure oxidiert wird und der Wasserstoff reduziert wird (Abb. 5).

In der Plenumsphase empfiehlt es sich, alle Beispiele im Plenum von den Gruppen einzeln vorstellen zu lassen und gemeinsam zu diskutieren. An Hand der vorgestellten Experimente werden dann die Grundlagen der Spannungsreihe entwickelt, also das Verhalten von unedlen und edlen Metallen gegenüber Säure, die Spannungsreihe selbst als quantitative Variation der Redoxreihe und schließlich die Optimierung der galvanischen Zelle.

Anmerkung

Mac Gyver ist übrigens ein sehr erfindereischer Held einer modernen Fernsehenteuerserie, welche z. Zt. auf Kabel 1 ausgestrahlt wird und den meisten Schülerinnen und Schülern ein Begriff ist.

Ausblick

Bei der Betrachtung von eher geschlossenen und eher offenen (komplexeren) Aufgaben wird deutlich, dass sich auch an den Lehrer andere Anforderungen stellen. So muss bei der Konzeption der Aufgabenstellung und den antizipierten Lösungsmöglichkeiten die Heterogenität der betreffenden Lerngruppe beachtet werden. In der Diskussion schließlich können Vorschläge auftreten, die das Fachwissen der Lehrperson stärker in Anspruch nehmen, als bei bekannter Lösung und vorgegebenem Lösungsweg.

Geschlossene Aufgabentypen haben ihre Stärke an anderer Stelle, z. B. beim Üben und bei der Vertiefung von Inhalten; komplexere, offene Aufgabentypen fordern aber die Lernenden (und nicht zuletzt auch den Lehrenden) dazu heraus,

eigenständig und selbstbewusst eigene Lernstrategien und Lösungswege zu entwickeln.

Literatur

- Bousack, H. u. a.: *elemente chemie I*. Klett, Stuttgart 2003
Darnstädt, T.: „Was sollen Kinder lernen?“ (Titelthema), *Der Spiegel*, Heft 14/2001, S. 68
Gärtner, H.-J.; Scharf, V.: *Chemische „Egg Races“ in Theorie und Praxis*. Studienmaterialien des SIL Speyer, Boppard/Speyer 1994.
Jäckel, M.; Risch, K., (Hrsg.): *Chemie heute I*. Schroedel Schulbuchverlag, Hannover 1993
Kowalczyk, W.; Ottich, K.: *Schülern auf die Sprünge helfen*. rororo 1995
Schnubel, U.: *Auf der Suche nach dem Kopiertrieb*. In: *Die Zeit*, Nr. 48, 21. Nov. 02

► Oliver Wißner, Studienrat (Chemie/Sport) an der Friedrich-Feld-Schule in Gießen
Hegefeld 34, 35094 Lahntal
e-mail: OWissner@gmx.de ◀

Orientierungsaufgaben

Aufgaben mit komplexem Charakter

Von Carola Schaar und Volker Woest

Orientierungsaufgaben entstanden als Ergebnis der Einführung der Thüringer Lehrpläne für alle Unterrichtsfächer und für alle Schularten Ende der 90er Jahre. Insbesondere für die Regelschule haben sie das Ziel, naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln und zu erfassen, wobei sie berufs- und alltagsorientierte Komponenten mit ihrer praktisch-handlungsorientierten Ausrichtung als ein wesentliches Merkmal betonen.

„Die Regelschule mit den Klassenstufen 5 bis 9 und 10 vermittelt eine allgemeine und berufsvorbereitende Bildung und schafft die Voraussetzung für eine qualifizierte berufliche Tätigkeit.“
[§ 4 Absatz 3 Thüringer Schulgesetz]

Aufgaben mit komplexem Charakter sollen Schülerinnen und Schüler verstärkt zum eigenen Handeln befähigen, indem diese ihre im Unterricht erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten umfassend zur Anwendung bringen.

Für die Konstruktion von Orientierungsaufgaben ergeben sich dann folgende Forderungen:

- Die Aufgaben enthalten Elemente der Sach-, Methoden- und Selbstkompetenz.
- Sie sind komplexer und offener gestaltet.
- Sie ermöglichen den Schülerinnen und Schülern die selbstständige Anwendung von Lösungsstrategien.
- Sie bieten den Schülerinnen und Schülern Anlass zur Reflexion über Lösungsweg und Lösungsergebnis.
- Sie geben den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, fachspezifische und fächerübergreifende Methoden anzuwenden.
- Sie bieten den Schülerinnen und Schülern Anlass zu kritischer Auseinandersetzung, zum Urteilen, Werten und zum Ableiten von Schlussfolgerungen.
- Sie regen Mehrperspektivität und Perspektivenwechsel an.

Die Aufgabenstellung sollte dabei möglichst offen sein. Offenerer Aufgabenstellungen zeichnen sich dadurch aus, dass verschiedene Lösungsstrategien prinzipiell möglich sind, die zu vergleichbaren, erfolgreichen Lösungen führen. Bezogen auf die Kompetenzbereiche thematisieren die Aufgaben das Reproduzieren und Anwenden eines fundierten Fachwissens, das Anwenden fachspezifischer und fächerübergreifender Arbeitsmethoden und die strukturierte und logische Gestaltung eines Sachverhalts.

Für die Konstruktion von Chemieaufgaben ergeben sich folgende inhaltliche Schwerpunktsetzungen:

- Ausgewählte Stoffe, deren Eigenschaften, Bau, chemische Reaktionen
- Verwendungsmöglichkeiten, Bindungsverhältnisse in Stoffen, Zuordnung zu Stoffklassen
- Gesetzmäßige Zusammenhänge
- Grundlagen der chemischen Zeichensprache, Reaktionsgleichungen
- Planung, Durchführung, Protokollierung und Auswertung von Experimenten
- ausgewählte chemisch-technische Verfahren, ihre Bedeutung für die Gesellschaft
- Möglichkeiten des Umweltschutzes auf globaler, regionaler und schulischer Ebene, persönliche Verantwortung
- Nutzung von Informationen aus Tabellen, Diagrammen u. Ä.

Die Darstellung komplexer Probleme eignet sich besonders, Transferleistungen zu initiieren. Sie geben den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, mithilfe der eigenen Erfahrungen und unter der Benutzung individueller Lernwege eine Aufgabe möglichst selbstständig zu lösen, wobei den kognitiven Kompetenzen wie Beurteilen, Erläutern, Werten, Interpretieren oder Ableiten von Schlussfolgerungen ein besonders hoher Stellenwert zukommt.

Zum Einsatz von Orientierungsaufgaben

Notwendige Voraussetzung ist, dass der Schüler weiß, was von ihm erwartet wird. Das beginnt mit dem Erfassen der Aufgabenstellung, d. h. die Aufgaben müssen Operatoren (z. B. Vergleichen, Erläutern, Erklären, Werten) enthalten, die zum Handeln auffordern. Die Formulierung sollte überschaubar, eindeutig und möglichst nicht kleinschrittig sein, um den offenen Charakter zu betonen. Auf diesem Wege kann es gelingen, dass sich der Schüler mögliche Lösungswege bzw. eigene Vorgehensweisen selbst überlegt und auswählt, wobei er durch eine Handlungsanleitung (z. B. Fragekatalog) oder bereitgestellte Hilfen (Übersicht, Karteikarten) unterstützt werden kann. Die Darstellung der Ergebnisse in einer geeigneten, übersichtlichen Form ist abhängig davon, ob die Lösung in mündlicher oder schriftlicher Form erfolgen soll.

Der Einsatz von Orientierungsaufgaben im Unterricht bedingt nicht nur einen veränderten Unterricht selbst, sondern auch eine veränderte Praxis der Kontrolle und Bewertung von Schülerleistungen. Bei der Bewertung von offenen und komplexen Aufgaben sind möglichst viele Aspekte des Kompetenzmodells zu berücksichtigen (s. **Abb. 1** u. **2**). Wesentliche Kriterien für die Bewertung sind:

- Fachwissenschaftliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Eindeutigkeit; Eingrenzung auf Wesentliches; Verwendung der Fachsprache
- Sachgerechtes und situatives Anwenden von fachspezifischen und fächerübergreifenden Methoden
- Strukturierte und logische Gliederung, sprachliche Korrektheit

Auf diesem Wege wird die Leistungsfeststellung zu einem Prozess, und der Beobachtung der Schülerinnen und Schüler bei der Aufgabenbearbeitung kommt eine besondere Bedeutung zu.

Beispiele für Orientierungsaufgaben

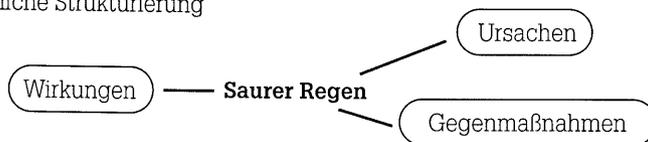
Beim Erstellen einer Mind-Map zum Thema „Saurer Regen“ (s. **Kopiervorlage 2**) steht an erster Stelle die Sachkompetenz, d. h. dass Fachbegriffe korrekt verwendet und Zusammenhänge zwischen ihnen hergestellt werden. Der Aspekt der Methodenkompetenz beinhaltet eine Bewertung wie Erkenntnisse und Lösungswege strukturiert und Ergebnisse präsentiert werden. Selbstkompetenz kann bewertet werden, indem man das sorgfältige Arbeiten, eventuelles Zeigen von Engagement bzw. praktizierte Selbstkontrolle oder das Reagieren auf Fragen beurteilt. Wurde mit anderen gemeinsam gearbeitet, Hilfe geleistet oder Verantwortung übernommen, so ist dieses dem Aspekt der Sozialkompetenz zuzuordnen.

Die Aufgabe zum Thema „Chemie und Umwelt am Beispiel von Stickstoffverbindungen“ (s. **Kopiervorlage 1**), wurde als Prüfungsaufgabe für den Realschulabschluss konzipiert. Die Schülerinnen und Schüler müssen zunächst umfangreiches Faktenwissen reproduzieren wie (Eigenschaften der Salpetersäure, mögliche Reaktionen, entstehende Gase und deren Wirkung). Sie müssen Kenntnisse über Gewässerbelastungen und eine mögliche Schadstoffbeseitigung in entsprechende Zusammenhänge bringen. Die Darstellung der Ergebnisse in übersichtlicher, sprachlich und fachlich einwandfreier Form, ist unter dem Aspekt der Methodenkompetenz zu bewerten.

Ausblick

Die Schülerinnen und Schüler müssen an die Bearbeitung offenerer, komplexerer Aufgabenstellungen herangeführt werden, indem sie diese, für sie neue, Form schrittweise kennenlernen. Dabei sollten die Aufgaben und der Lösungsprozess selbst zum Unterrichtsgegenstand werden (Metallernen). Die Erfahrungen zeigen, dass Schülerinnen und Schüler auf diesem Wege bei der Aufgabenerarbeitung weg von der Kleinschrittigkeit hin zum komplexen Denken geführt werden können, so dass es gelingt, Sach-, Methoden- und Selbstkompetenz als Teile der Lernkompetenz qualitativ und quantitativ weiter zu entwickeln.

- a) Anfertigen einer Mind-Map: 8 BE
 – Inhalt (Oberbegriffe, zugeordnete Begriffe)
 – Struktur, Vernetzung
 Mögliche Strukturierung



- b) Entwickeln von entsprechenden Reaktionsgleichungen 4 BE
 Darüber hinaus sind fachunabhängige Kriterien (z. B. Strukturierung und Logik der Darstellung, exakte Verwendung sprachlicher Mittel) angemessen in die Bewertung einzubeziehen. Diese BE sind hier nicht vorgegeben.

Abb. 1: Bewertungsschema „Saurer Regen“ ([1], S. 17)

Aufgabe	Erwartungsbild	Punkte
1	Wasserstoff, Ammoniak, Sauerstoff, Wasser und richtige Einordnung	3
2 a	Eigenschaften Salpetersäure: farblos, flüssig, stechender Geruch, wasserlöslich, stark ätzend, konz. Säure zersetzt sich bei Lichteinwirkung unter Bildung nitroser Gase, starkes Oxidationsmittel	2
	Reaktionen Salpetersäure: Oxidation (Luftsauerstoff), Reaktion konz. Säure mit Metallen (Schiffsteile), Bildung nitroser Gase	2
	Eigenschaften nitroser Gase: Formel NO und NO ₂ , gasförmig, giftig, braune Gaswolke durch NO ₂ , NO farblos, Wasserlöslichkeit von NO und NO ₂	3
2 b	Wirkung auf Mensch und Umwelt: Luftschadstoff, ätzende Wirkung auf feuchte Schleimhäute, Erkrankung der Atemorgane, Bildung von „saurem Regen“	2
2 c	Gewässerbelastung: Versäuerung, Erhöhung der Nitrat-Ionenkonzentration, Trinkwasserbelastung, Auswirkung auf die Wasserorganismen	2
2 d	Schadensbekämpfung: Neutralisation mit Laugen, Verhinderung der Ausbreitung der nitrosen Gaswolke durch Löschwasser	1
3 a	Ermittlung des pH-Wertes	1
3 b	Vorgehen: Einsatz Indikator, Vergleich mit Farbskala und Schlussfolgerung	2
3 c	Erläuterung der Neutralisation	2

Abb. 2: Beispiel für ein Bewertungsschema „Chemie und Umwelt am Beispiel von Stickstoffverbindungen“

Literatur

- [1] Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (ThILLM) Materialien zur Implementierung der Thüringer Lehrpläne. Bad Berka 2001
 [2] Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (ThILLM): Bewertung nach dem Kompetenzmodell. Materialien Heft 86. Bad Berka 2001

► Carola Schaar, Chemie- und Mathematiklehrerin an der Regelschule

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 ◀