

CI-IE/AJE & Schule





Liebe Kolleginnen und Kollegen!

taunen ist der Beginn jeder Philosophie, ist der Beginn jeder Erkenntnis haben bereits vor mehr als 2000 Jahren Platon und Aristoteles formuliert.

Besonders im Chemieunterricht versuchen gute Chemielehrer/innen die Schüler/innen durch Staunen zum Fragen zu bringen. Denn nur Fragen ermöglichen ein konstruktivistisches Lernen. Nur Fragen bewirken ein nachhaltiges Lernen. Sonst wird jene Definition von Schule Wirklichkeit, die besagt: "Schule ist die unerwünschte Antwort auf nie gestellte Fragen".

Damit Staunen auch wirklich zum Fragen und darauf zu Erkenntnis führt, haben Mitarbeiter/innen des AECC Chemie der Universität Wien unter der Leitung von Frau Univ.-Profin. Drin. Anja Lembens und Drin. Simone Abels mehrere so genannte Mysteries - oftmals bekannte Schulversuche - nach dem "5E Modell" (Engage, Explore, Explain, Extend und Evaluate) im Rahmen des EU Projektes "Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated" (TEMI) so aufbereitet, das diese Versuche als Einstieg in Forschendes Lernen verwendet werden können.

Ich freue mich, dass durch die gute Zusammenarbeit zwischen dem AECC Chemie und dem VCÖ diese Anleitungen in dieser Sondernummer von CHEMIE&SCHULE veröffentlich werden.

Ich hoffe, dass viele Kolleg/innen daraus wertvolle Anregungen für ihren Unterricht entnehmen werden, damit Chemieunterricht nicht nur spannend ist, sondern auch zu nachhaltiger Erkenntnis führt.

Ich darf auch noch besonders auf die Möglichkeit von Fortbildungskursen zu diesem Thema hinweisen, die schon bisher viele Kolleg/innen mit großer Begeisterung besucht haben, und die auch in den kommenden Semestern noch angeboten werden.

So wünsche ich allen Kolleg/innen, dass sie bei der Lektüre dieser Sondernummer auch vom Staunen zur Erkenntnis für einen besseren Chemieunterricht kommen, damit Schüler/innen vom Chemieunterricht nicht mehr sagen: "Er war zwar sehr spannend, aber verstanden habe ich nichts."

Dr. Ralf Becker (Präsident)

Medieninhaber, Herausgeber, Verleger:
Verband der Chemielehrer/innen Österreichs, Prof. Ing. Mag. Johann Wiesinger (Geschäftsführer),
Dürnbergstraße 71, 5164 Seeham/Salzburg, Österreich, Tel.: +43 (0)6217 7598-1, Fax: +43 (0)6217 7598-4 E-Mail: office@vcoe.or.at, Website: www.vcoe.or.at

Die Verfasser sind für den Inhalt und die Abbildungen ihrer Artikel jeweils verantwortlich. **Chefredakteur:** Mag. Wolfgang Rottler, HTBLuVA-Salzburg, Itzlinger Hauptstraße 30, 5020 Salzburg, redaktion@vcoe.or.at **Redaktionelle Mitarbeit:** Univ.-Prof. Anja Lembens, Dr. Simone Abels, E-Mail: anja.lembens@univie.ac.at Satz und Layout: Ingrid Imser, 5204 Straßwalchen Coverfoto: Alois Mair Druck: Druck-Graphik-Elixhausen

OFFENLEGUNG GEM. § 25 ABS. 2 UND 4 MEDIENGESETZ 1981

Grundlegende Richtung: Der Verband der Chemielehrer/innen Österreichs ist eine gemeinnützige, selbständige, parteipolitisch unabhängige Vereinigung von Chemielehrer/innen an allen Schulen Österreichs. Ziel des Verbandes ist eine Förderung des naturwissenschaftlichen, besonders des chemischen Unterrichtes in allen Bereichen des österreichischen Bildungswesens

INHALT

EDITORIAL

2 Präsident Ralf BECKER

BASISARTIKEL

- Simone ABELS, Anja LEMBENS Mysteries als Einstieg ins Forschende Lernen im Chemieunterricht
- Anja LEMBENS, Simone ABELS Forschendes Lernen nach dem 5E-Modell und Showmanship

MYSTERYARTIKEL

- 8 Simone ABELS, Anja LEMBENS Genie in the bottle - Der Flaschengeist
- Anja LEMBENS, Simone ABELS Fest oder flüssig? Nichtnewtonsche Stoffsysteme
- Simone ABELS, Anja LEMBENS, 17 Gelli Baff ® - Superabsorber, der wieder flüssig wird
- Rosina STEININGER, Simone ABELS, Anja LEMBENS Der (un)zuverlässige Indikator - vom klassischen Schulversuch zum Mystery
- Anja LEMBENS, Simone ABELS, Katrin REITER **Magischer Sand**
- Katrin REITER, Simone ABELS, Anja LEMBENS **Chemisches Gewichtheben**



ANLEITUNGSVORLAGEN

- Der Flaschengeist
- Fest oder flüssig?
- Gelli Baff®
- Der (un)zuverlässige Indikator
- Magischer Sand
- Chemisches Gewichtheben
- Temi Planungsraster LEVEL 2

Mysteries

als Einstieg ins Forschende Lernen im Chemieunterricht





Simone ABELS Anja LEMBENS

Dieses Sonderheft von
Chemie & Schule basiert auf den
Entwicklungen und Erfahrungen, die
wir im EU-Projekt "Teaching Enquiry
with Mysteries Incorporated",
kurz TEMI¹, machen konnten.
Das Heft enthält zum einen Basisartikel,
in denen vier Innovationen erklärt
werden, auf die wir uns im Projekt
stützen. In diesem Zusammenhang

werden, auf die wir uns im Projekt stützen. In diesem Zusammenhang werden auch die Unterrichtsziele benannt, welche damit erreicht werden können. Die vier Innovationen sind Mysteries und ein levelbasierter Ansatz des Forschenden Lernens (in diesem Artikel), Forschendes Lernen nach dem 5E-Modell und Showmanship

(2. Basisartikel). Zum anderen werden in diesem Heft Unterrichtseinheiten vorgestellt, die diese Innovationen aufgreifen. Dazugehörige Materialien finden sich in den einzelnen Artikeln, aber auch direkt zum Herausnehmen und Kopieren in der Heftmitte.



- 1 Von 01. Februar 2013 bis 31. Juli 2016 ist die Universität Wien, vertreten durch das AECC Chemie, Partner im FP7 EU-Projekt "Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated" (TEMI; Grant Agreement No. 321403). Koordiniert wird das 3,5 Mio. € Projekt von der Queen Mary University in London, England. http://teachingmysteries.eu/at [06.05.2014]
- 2 Die aktuellen Termine der Fortbildungen finden Sie hier: http://aeccc.univie.ac.at/temi/ [05.02.2015]

Ziel des EU-Projekts TEMI ist es, SchülerInnen über Mysteries für naturwissenschaftlichen Unterricht und insbesondere für Forschendes Lernen zu begeistern. Mysteries ermöglichen einen motivierenden Einstieg in das Forschende Lernen. "Findings suggested the use of a wonder framework generated an increased interest and more positive views regarding science content" (Gilbert, 2013, S. 6). Im Rahmen des EU-Projekts TEMI werden Fortbildungen für LehrerInnen angeboten2, in denen sowohl das Konzept des Forschenden Lernens erarbeitet wird, als auch Mysteries erprobt werden. Arbeitsblätter und Begleitmaterialien stehen bereit, um direkt im Unterricht eingesetzt zu werden.

In diesem Artikel wird genauer erklärt, was wir unter Mysteries und Forschendem Lernen verstehen.

Was sind Mysteries?

Mysteries sind spannende, überraschende oder unerwartete Phänomene, die nicht sofort erklärbar sind. Sie werfen Fragen auf und regen zum Nachforschen an. Ob ein Phänomen als Mystery eingestuft wird, hängt vom Alter und dem Vorwissen einer Person ab. Innerhalb des Projekts definieren wir ein Mystery als "ein überraschendes Phänomen oder eine Geschichte, die Verwunderung bei den Lernenden hervorruft. Das Mystery erzeugt Neugier und das Bedürfnis des "Wissenwollens", es werden Fragen aufgeworfen, die durch Forschendes Lernen und Problemlösestrategien beantwortet werden können. Ein Mystery ist für den Einstieg ins Forschende Lernen geeignet, wenn:

- es naturwissenschaftlich untersucht und erklärt werden kann und an die Fähigkeiten der Lernenden anschließt.
- affektiv ansprechende Lerngelegenheiten bereitgestellt werden.
- Neugierde geweckt wird und Lernende motiviert werden, eigene Fragen zu stellen.
- naturwissenschaftliche Kenntnisse und Methoden beim Bearbeiten der Mysteries benutzt werden.
- wichtige Teile des Curriculums abgedeckt werden, um die investierte Zeit zu rechtfertigen.
- Mysteries als überraschende, widersprüchliche Ereignisse einen Konzeptwandel bei den Lernenden anregen.
- die Zeit zwischen Mystery und seiner Auflösung begrenzt ist (1-2 Schulstunden).

Ein Mystery eignet sich nicht für Forschendes Lernen, wenn:

- es nur von der Lehrkraft als spannend empfunden wird, aber die Lernenden nicht wirklich begeistert.
- es kaum Neugierde erzeugt und nur die Lehrkraft herausfordert.
- die wissenschaftliche Erklärung für die Lernenden zu schwierig ist und das Mystery somit nicht von ihnen selbstständig erarbeitet werden kann.
- die hinter dem Mystery liegenden Fachinhalte unbedeutend für den Bildungsplan sind.
- es zu komplex ist und die Lernenden es als bloße "Magie" wahrnehmen (Phänomene, die keiner Erklärung bedürfen).

(http://teachingmysteries.eu/at/ueber-uns/ [05.02.2015])

Bisher wurde eine Reihe an Mysteries entwickelt, deren Einsatz im Unterricht das Lernen bestimmter fachlicher Konzepte fördert und den Aufbau von Kompetenzen im Bereich des Forschenden Lernens unterstützen soll. In diesem Heft stellen wir die folgenden Mysteries vor und legen dazu entwickelte Unterrichtsmaterialien bei (s. auch Heftmitte):

- ✔ Genie in a bottle
- ✓ Der (un-)zuverlässige Indikator
- ✓ Gelli Baff
- ✔ Fest oder flüssig
- ✓ Magischer Sand
- ✓ Chemisches Gewichtheben

Weitere Mysteries und dazugehörige Materialien sind entwickelt und werden über Fortbildungen wie auch zum Teil online in englischer und deutscher Sprache verbreitet (http://teachingmysteries.eu/ at). Die Fortbildungen werden von den MitarbeiterInnen des AECC Chemie³ auf Nachfrage quer durch Österreich angeboten. Eine Fortbildung dauert zwei ganze Tage oder vier Nachmittage (nur im Raum Wien) mit der Gelegenheit, die Mysteries und das Konzept des Forschenden Lernens zwischen den Terminen in den eigenen Klassen zu erproben und die Erfahrungen anschließend auszutauschen bzw. Ideen gemeinsam weiterzuentwickeln.

Was ist Forschendes Lernen?

Forschendes Lernen (englisch enquiry⁴ -based learning) zielt zum einen darauf ab, dass SchülerInnen naturwissenschaftliche Inhalte lernen, zum anderen sollen sie lernen, naturwissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen und die Vorgehensweise bei solchen Untersuchungen zu reflektieren, um zu einem angemessenen Verständnis von Naturwissenschaft zu gelangen (Abrams, Southerland & Evans, 2008). In vielen fachdidaktischen Studien konnte gezeigt werden, dass sich Forschendes Lernen eignet, um SchülerInnen aller Altersstufen für das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte zu begeistern (Rocard et al., 2007). Der Ansatz eignet sich sowohl für schwächere als auch für stärkere SchülerInnen, da er

- 3 Austrian Educational Competence Centre Chemistry (AECC Chemie) an der Universität Wien
- 4 In der Schreibweise des Britischen Englisch ist der Anfangsbuchstabe dieses Wortes ein 'e', in der amerikanischen Schreibweise ein 'i'. Da das Projekt von London aus initiiert wurde, wird hier das 'e' verwendet, international hat sich jedoch zumeist das 'i' durchgesetzt.

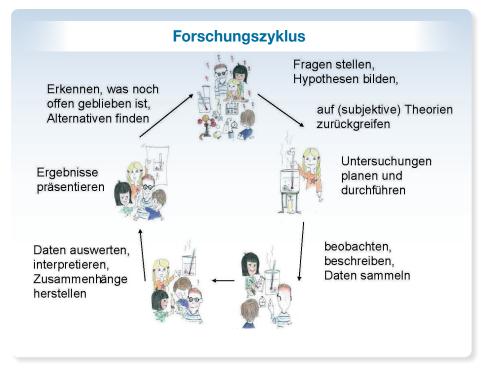


Abb. 1: Ein idealisierter Forschungszyklus (Abels, Lautner & Lembens, 2014, S. 20) (Zeichnungen © Reinhart Sellner)

sich differenziert begleiten lässt und sowohl stark strukturiert als auch sehr offen angeboten werden kann (Abels, Puddu & Lembens, 2014).

Dabei ist es wichtig, dass SchülerInnen, für die das Forschende Lernen ungewohnt ist, nicht überfordert werden. Die Kompetenzen, die für das Forschende Lernen wichtig sind, müssen erst Schritt für Schritt erworben werden. Dem idealisierten Forschungszyklus (Abb. 1) sind einige solcher Kompetenzen zu entnehmen. Realistisch gesehen, läuft eine Untersuchung jedoch nicht linear ab, sondern über viele Umwege, Rückwege und Irrwege.

Diese Kompetenzen lassen sich in ähnlicher Form auch im Kompetenzmodell Naturwissenschaften für die 8. Schulstufe finden https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf [05.02.2015]). Die Umsetzung von Forschendem Lernen im Chemieunterricht ermöglicht, große Teile der Handlungsdimensionen des Kompetenzmodells zu erfüllen. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf der Dimension "Erkenntnisse gewinnen" (E1-4), aber auch "Wissen organisieren" (W1-3) und "Schlüsse ziehen" (insbesondere S1 und S4) kommen je nach Gestaltung der Unterrichtseinheit zum Tragen und lassen sich mit Forschendem Lernen verbinden. In den Praxisartikeln

werden die Deskriptoren aus dem Kompetenzmodell, die mit der Bearbeitung der vorgestellten Mysteries angestrebt werden, angegeben. Die bei den vorgestellten Mysteries angesprochenen Deskriptoren lauten wie folgt:

Ich kann einzeln oder im Team ...

- W1 Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen.
- W2 aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen.
- W3 Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen (Grafik, Tabelle, Bild, Diagramm ...) darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren
- E1 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben.
- E2 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen.
- E3 zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.

- E4 Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren.
- S1 Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.
- S4 fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren und naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden.

(https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf [02.03.2015])

Über diese Kompetenzen verfügen SchülerInnen nicht von Anfang an, sondern es gilt diese sukzessive zu entwickeln. Dafür bietet sich ein levelbasiertes Vorgehen an. Je nachdem, welche Schritte einer naturwissenschaftlichen Untersuchung durch die Lehrperson vorgegeben sind, werden beim Forschenden Lernen vier Level unterschieden (Tabelle 1).

Bei Level 0 sind alle Schritte von der Fragestellung bis zur Interpretation der Ergebnisse vorgegeben ("Kochbuchrezepte"). Es eignet sich insbesondere, um neue Methoden und Geräte kennen zu lernen, das Lesen und Befolgen von Anleitungen zu üben, Abläufe zu ritualisieren, Sicherheitsregeln einzuführen oder Begrifflichkeiten zu festigen. Level 1 Versuche könnten als klassische Schulversuche bezeichnet werden, bei denen SchülerInnen eine Anleitung zur Versuchsdurchführung erhalten, aber selbst die Beobachtungen und Ergebnisinterpretation vornehmen müssen. Auf Level 2 ist dann nur noch die Fragestellung vorgegeben. Die SchülerInnen sollen Hypothesen bilden, entsprechend Versuche planen und durchführen und die Ergebnisse wieder in Bezug zu ihren Hypothesen setzen. Auf Level 3 soll sogar die Fragestellung von den SchülerInnen selbst erdacht werden. Insbesondere dieser Schritt des Fragenfindens und -stellens hat sich als besonders schwierige Aufgabe erwiesen (Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005). Aus diesem Grund wurde im EU-Projekt TEMI entschieden, Fragestellungen zu den Mysteries vorzugeben, die Mysteries also als Level 2 Versuche zu gestalten. Nichtsdestotrotz ist es ratsam,

	Fragestellung	Methodenwahl	Interpretation	
Level 0: bestätigend	durch LehrerIn	durch LehrerIn	durch LehrerIn	
Level 1: strukturiert	durch LehrerIn	durch LehrerIn	durch SchülerIn	
Level 2: begleitet	durch LehrerIn	durch SchülerIn	durch SchülerIn	
Level 3: offen	durch SchülerIn	durch SchülerIn	durch SchülerIn	

Tabelle 1: Level beim Forschenden Lernen (übersetzt nach Blanchard et al., 2010, S. 581)

Level 0 und 1 nicht auszulassen, damit die SchülerInnen zuvor die notwendigen Kompetenzen im Bereich "Erkentnisse gewinnen" für Level 2 erwerben. Während des Arbeitens auf Level 0-2 ergeben sich für die SchülerInnen häufig themenbezogen weitere Fragestellungen, die sich dann für Forschendes Lernen auf Level 3 eignen würden. Diese Fragen sollten auf Karteikarten oder auf einem Poster an der Wand gesammelt werden, um zu gegebener Zeit je nach Interesse weiter bearbeitet zu werden. Mit den SchülerInnen sollte auch diskutiert werden, was erforschbare und in der Schule bearbeitbare Fragen im Gegensatz zu Forschungsfragen aus der Wissenschaft sind.

LITERATUR:

Abels, S., Lautner, G. & Lembens, A. (2014). Mit "Mysteries" zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht. Chemie & Schule, 29(3), 20-21.

Abels, S., Puddu, S. & Lembens, A. (2014).

Wann flockt die Milch im Kaffee? Mit
"Mysteries" zu differenziertem Forschenden Lernen im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie,
25(142), 37-41.

Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2008). Introduction. Inquiry in the class-room: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland & P. Silva (Eds.), Inquiry in the classroom. Realities and Opportunities (pp. xi-xlii). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. Science Education, 94(4), 577-616.

Gilbert, A. (2013). Using the notion of 'wonder' to develop positive conceptions of science with future primary teachers. Science Education International, 24(1), 6-32.

Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. Journal of Research in Science Teaching, 00(00),

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Naturwissenschaftliche Erziehung jetzt: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas. Retrieved 23.10.2008, from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-onscience-education_de.pdf

Drin. Simone Abels Universität Wien, Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie, Austrian Educational Competence Centre Chemistry (AECC Chemistry)

Univ.-Profiⁿ. Driⁿ. Anja Lembens Universität Wien, Leiterin des Österreichischen Kompetenzzentrums für Didaktik der Chemie, Austrian Educational Competence Centre Chemistry (AECC Chemistry)

Forschendes Lernen

nach dem 5E-Modell und Showmanship

Anja LEMBENS Simone ABELS

> Jeder Praxisartikel in diesem Heft ist nach dem gleichen Prinzip, dem 5E-Modell, aufgebaut (Bybee, 2009). Das 5E-Modell ist ein konstruktivistisch orientiertes Unterrichtsmodell in fünf Phasen, das zum Ziel hat, Lernenden zu ermöglichen, aus der Erfahrung heraus ein eigenes Verstehen und neue Ideen zu entwickeln. Die fünf Es stehen für fünf verschiedene Phasen im Prozess des Forschenden Lernens: Engage (Engagieren/Motivieren), Explore (Explorieren/Erforschen), Explain (Erklären), Extend (Erweitern/Vertiefen) und Evaluate (Evaluieren). Jedes Mystery bzw. die dazugehörige Unterrichtseinheit ist nach dem 5E-Modell in fünf Phasen unterteilt, wobei die fünfte Phase quer zu den ersten vier Phasen liegt (Abbildung 1). Das heißt, dass die Lehrperson in jeder Phase wahrnehmen kann, was die SchülerInnen bereits wissen und können und wo sie noch Unterstützung benötigen. Dabei ist Evaluieren nicht zwangsläufig als klassisches Bewerten zu verstehen, sondern die Evaluation in jeder Phase dient dem Erkennen und Diagnostizieren von Lernvoraussetzungen und Lernfortschritten und leitet damit das



Abb. 1: Das 5E-Modell

Dieses Modell bildet zum einen zentrale Phasen im Lernprozess der SchülerInnen ab, zum anderen eignet es sich als Unterrichtsplanungsmodell. Bei der Implementierung eines neuen Mysteries sollte jede der fünf Phasen vor dem Einsatz des Mysteries gut durchdacht werden.

Welche Funktion die Phasen im Einzelnen haben, welche Aufgaben LehrerInnen und SchülerInnen während der Phasen zukommen und was in jeder Phase evaluierbar ist, ist der folgenden Tabelle 1 zu entnehmen.

Engage

Meist steht die Lehrperson im Zentrum dieser Phase. Eine Problemstellung, eine Frage, ein Phänomen wird vorgestellt, z. B. in Form einer spannenden Story oder eines Demonstrationsexperiments (Showmanship, s.u.). Vorstellungen der SchülerInnen werden thematisiert, Ziele werden formuliert, Bedeutung des Themas transparent gemacht, Begeisterung geweckt etc. Es werden keine fachlichen Konzepte erklärt.

Evaluate 1

Herausfinden, was die SchülerInnen über das Thema bereits wissen und welche Vorstellungen sie haben.

Explore

Die SchülerInnen stehen im Zentrum dieser Phase, während sie Untersuchungen planen und/oder durchführen und Daten erheben, um die Frage zu bearbeiten.

Die Lehrperson gibt Hilfestellungen, damit die SchülerInnen ihren Weg der Problemlösung gehen können.

Evaluate 2

- Wie gut sammeln die SchülerInnen die Daten?
- Führen sie die Messungen etc. korrekt durch?
- Wie erfassen / protokollieren die SchülerInnen die Daten?
- Findet die Datensammlung in logischer Form statt oder ist sie willkürlich?

weitere Vorgehen der Lehrperson an.

Explain

In dieser Phase berichten die Schüler-Innen, was sie getan haben und nutzen ihre Daten und Erkenntnisse, um ihre Lösungen für die gestellte Frage zu präsentieren. Die SchülerInnen geben die Erklärung, nicht die LehrerInnen! Die Lehrperson kann über ergänzende Experimente, Impulsreferate oder Fachtexte neue Begriffe einführen, um die Erkenntnisse der SchülerInnen fachlich zu benennen und zu untermauern.

Evaluate 3

- Welche Prozesse nutzen die SchülerInnen?
- Wie gut können sie die gesammelten Informationen und ihr Vorwissen nutzen, um zu Schlüssen / zu neuen Erkenntnissen zu kommen?
- Verwenden die SchülerInnen Fachbegriffe / -konzepte?
- Haben sie die Fachbegriffe / -konzepte verstanden?

Extend

Die Lehrperson gibt den Schüler-Innen neue Informationen, um das Erlernte zu üben, zu vertiefen und auszuweiten.

Es können neue Fragen oder Aufgaben gestellt werden, die die SchülerInnen mit dem zuvor Gelernten bearbeiten (Transferaufgaben).¹ Hier kann ein Thema vertieft oder auch ein Nachbarthema aufgegriffen werden.

Evaluate 4

Hier kann die übliche Art von Evaluation zum Tragen kommen. SchülerInnen sollen das neue Wissen und Können anwenden. Zur Anwendung gehören ähnliche, aber auch neue "Probleme" (Transferaufgaben). Das Lösen dieser Aufgaben kann zur Evaluation herangezogen werden.

Tabelle 1: Das 5E-Modell: Aufgaben der SchülerInnen und der Lehrenden

Showmanship

Damit die Engage-Phase als besonders motivierender Einstieg gelingt, arbeiten wir im TEMI-Projekt mit KommunikationsexpertInnen, SchauspielerInnen oder Zauberern/Zauberinnen zusammen, die über verschiedene Techniken verfügen, um Spannung zu erzeugen und aufrecht zu erhalten. Ein weiteres Ziel der TEMI-Fortbildungen ist es, die Showmanship-Skills, also die darstellerischen Fähigkeiten von LehrerInnen auszubauen. Das heißt nicht, dass aus jeder Lehrkraft ein/e Schauspieler/in werden soll, sondern, dass durch effektvolle, spannende, aber stets authentische Darstellungen von Phänomenen das Interesse und die Begeisterung der Lernenden geweckt werden soll. Manchmal wird ein Phänomen erst durch die Darbietung zum Mystery. Wenn Fachwissen zur Klärung spannender Fragen herangezogen werden kann, wird das Lernen herausfordernd und bedeutungsvoll.

Es gilt demnach, den Einstieg ins Forschende Lernen durch bestimmte Strategien besonders spannend zu gestalten. Dies kann das sog. Storytelling sein, bei dem die Präsentation eines Phänomens in eine passende Geschichte eingebettet wird. Es eignet sich auch ein stummer Impuls, also ein Phänomen ganz ohne verbale Äußerungen vorzuzeigen. Man kann die SchülerInnen auch ein Experiment durchführen lassen, bei dem sie zu sehr widersprüchlichen Ergebnissen kommen, aus denen dann durch entsprechende Fragestellungen ein Mystery wird, dem weiter nachgegangen werden soll. Auch der Aufbau eines Materialtisches mit zugänglichen, aber unbekannten Objekten kann als Anreiz dienen, die SchülerInnen ins forschende Lernen zu bringen.

Im österreichischen TEMI-Projekt arbeiten wir am zweiten Fortbildungstag mit dem Zauberer Tilman Andris zusammen (http://tilmanandris.com [05.02.2015]), der uns zeigt, wie effektvolle Präsentationen funktionieren und was dabei beachtet werden muss. Ein Punkt dabei ist z. B. eine bedeutungsvolle und möglichst lebensweltbezogene Thematik zu nutzen oder eine dramatische Struktur zu verfolgen. Ein anderer Aspekt ist der der Deutlichkeit, der sich u. a. aus den folgenden Leitfragen speist:

- Habe ich alles eliminiert, was nicht essentiell ist (Text, Handlungen, Gegenstände)?
- Habe ich die Anzahl der sichtbaren Gegenstände auf ein Minimum reduziert?
- Habe ich für gute Sichtbarkeit gesorgt?
- Befinden sich die Gegenstände nur dann im Blickfeld, wenn ihnen die Aufmerksamkeit des Publikums / der SchülerInnen gelten soll?
- Hat alles, was ich sage, eine Funktion?
- Sind meine Instruktionen knapp und klar?
- Habe ich alle Ablenkungen ausgeschlossen?
- Habe ich meinem Publikum alle **unnötige** intellektuelle Arbeit erspart?

Solche und andere Leitfragen finden Sie als Checkliste online unter:

http://teachingmysteries.eu/ en/a-classroom-check-list-frommagician-tilman-andris/ [05.02.2015]

In den Praxisartikeln verweisen wir bei jedem Mystery auch auf die verwendete Showmanship-Technik.

LITERATUR:

Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. Washington, DC: National Academies Board on Science Education.

¹ Übersetzt und verändert nach: http://www.agpa.uakron.edu/p16/btp.php?id=learning-cycle [06.05.2014]

Genie in the bottle – Der Flaschengeist



Simone ABELS Anja LEMBENS

Der Flaschengeist ist ein oft gezeigtes Phänomen, das sich sehr gut für den Chemieunterricht eignet. Im Internet finden sich verschiedene Videos, in denen dieser Versuch auch im Rahmen von naturwissenschaftlichen Shows vorgeführt wird.

www.youtube.com/

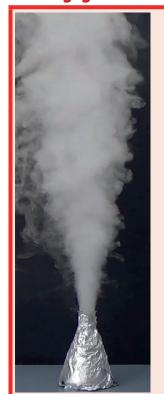
www.youtube.com/
watch?v=5q5bzHckSIM [28.01.2014]
Wie durch Zauberhand entweicht
ein "Geist" aus der Flasche. Das
Geheimnis dahinter: Sobald
der Verschluss der Flasche
entfernt wird, fällt ein unsichtbar
befestigter Katalysator in eine
Wasserstoffperoxidlösung. Eine
stark exotherme Reaktion findet
statt, die das Phänomen des
Flaschengeistes verursacht.

Die **Showmanship**-Technik, die wir für die Gestaltung dieses Mysteries vorschlagen, ist das sog. *Storytelling*. Das Demonstrationsexperiment ist eingebettet in eine möglichst spannende und an der Lerngruppe orientierte Geschichte.

				Abb	. 1:
Der	Genie	ist	befreit	und ,entflieht' du	ırch
				Abzug oder Fens	ter.

Klassenstufe	ab 4. Klasse (8. Schulstufe) und erweiterbar für höhere Schulstufen
Handlungsdimension	Fokus auf Erkenntnisse gewinnen (E1, E2, E3, E4), aber auch W1 und W3 (siehe S. 6, 7)
Lehrplanbezug	Fokus auf Grundmuster chemischer Reaktionen (C3): Erfassung des Zusammenhanges zwischen der stofflichen und energetischen Veränderung, exotherme Reaktionen, Funktion von Katalysatoren, Redoxreaktionen, fachübergreifend Biologie: Enzyme als Katalysatoren
Alltagsbezug	Sauerstoffzuführung in Aquarien, ehem. Blutnachweis in der Forensik (Hämoglobin zersetzt Wasserstoffperoxid: Demo "Fruchteisbecher", s. u.), Raketenantriebsstoff, Sprengstoff

Die Engage-Phase



Die Lehrperson erzählt möglichst authentisch mit Spannungsbogen und passender Körpersprache, z.B. Folgendes:

Ich muss euch was erzählen. Gestern nach der Schule bin ich vor dem Schultor über was ganz seltsames gestolpert. Es blitzte und blinkte so seltsam. (Flasche hervor holen) Erst wusste ich überhaupt nicht, was das sein sollte, aber dann fiel es mir plötzlich wie Schuppen von den Augen: Na klar! Ein Flaschengeist! Der erfüllt mir sicher drei Wünsche! Aber wie kommt er aus der Flasche raus? Hm, ich hab da doch mal was gelesen Man kann Genies hervorlocken, wenn man ihnen zuerst drei Wünsche erfüllt! Also, genau hinhören Der Genie wünscht sich zuerst, dass wir alle Fenster öffnen! (SchülerInnen machen Fenster auf, Lehrperson hört wieder genau hin) Jetzt sollen alle ihre Schutzbrillen aufsetzen! (SchülerInnen tun dies) Und nun soll jemand vorkommen und an der Flasche reiben! (Ein/e Schüler/in kommt vor, es passiert nichts) Hm, ich hör noch mal genau hin ... Ach klar, wir müssen dem Genie auch die Tür aufmachen! (Stopfen entfernen, Flaschengeist entweicht, Abb. 1)

Die Vorführung des Mysteries "Flaschengeist" fordert Kreativität im Entwickeln des "Drehbuchs". Die Story kann ein aktuelles Thema behandeln oder einen lokalen Bezug haben, z. B. einen Spaziergang am Wörthersee, wo ein alter Geist in einer modernen "Wohnung" gefunden wurde oder die SchülerInnen haben beispielsweise drei Wünsche frei und reiben die Flasche, damit der Geist erscheint. Dies passiert natürlich erst, wenn die "Tür" geöffnet, heißt der durchbohrte Stopfen entfernt wurde und damit ein vorher befestigter, nicht sichtbarer Teebeutel mit dem Katalysator (Mangandioxid) in die Wasserstoffperoxidlösung fällt.

Benötigtes Material:

Hitzebeständiger Stehkolben oder Erlenmeyerkolben oder andere geeignete "Flasche" (Fassungsvermögen ca. 500 mL), Aluminiumfolie, durchbohrter Stopfen, Schere, ein halbierter leerer Teebeutel, Bindfaden, Waage, Messzylinder, ca. 1 g fein gepulvertes Mangandioxid als Katalysator, 50-60 mL frische 30%ige Wasserstoffperoxidlösung

Vorbereitung:

Kolben mit Aluminiumfolie blickdicht umwickeln. Wasserstoffperoxidlösung in den Kolben füllen. Mangandioxid abwiegen, in einen halbierten, entleerten Teebeutel füllen und die Enden wie ein Bonbon verknoten. Pulver nicht zusammen drücken! An einem Ende des "Bonbons" einen längeren Faden übrig lassen, der zwischen Kolben und Stopfen geklemmt wird. Das "Bonbon" darf die Lösung nicht berühren. Stopfen soll durchbohrt sein, damit ggf. zu früh entstehendes Gas entweichen kann und sich kein erhöhter Druck aufbaut. Präparierten Kolben verstecken und im geeigneten Moment hervorholen.

Sicherheitshinweise:

Versuch nur im Abzug oder zumindest sehr gut gelüftetem Raum bei offenen Fenstern durchführen, alle Anwesenden müssen Schutzbrillen aufsetzen, nur "Flasche" aus reißfestem und hitzebeständigem Material verwenden.

Die SchülerInnen sollen nach der Demonstration genaue Beobachtungen nennen und zusätzlich nach und nach weitere Hinweise bekommen, z. B. kann die Lehrperson auf das fein verteilte Stoff GHS Symbole H-Sätze und P-Sätze

Mangan(IV)-oxid / Mangandioxid (MnO₂)



H272 H302+H332

ENTSORGUNG: Nach dem Filtern und Trocknen wiederverwenden. Es darf nicht in die Kanalisation gelangen! Alternativ kann die Suspension dem Behälter der anorganischen Schwermetalle zugeführt werden.

Wasserstoffperoxid (H₂O₂) (30%ige Lösung)



H 271, 302, 314, 332, 335 P 221, 235, 280.1-4, 301+330+331, 303+361+353, 305+351+338, 309+310

Diese Empfehlungen gelten für Konz. > 70%

ENTSORGUNG: Mit viel Wasser verdünnen und in einem gesonderten beschrifteten Gefäß aufbewahren. Das Gefäß darf nicht fest verschlossen werden. An einem dunklen und kühlen Ort mit Abluftanlage aufbewahren und einem Entsorgungsunternehmen abgeben.

braune Pulver um die Flasche herum verweisen oder die Aluminiumfolie entfernen und dadurch den Blick auf den Teebeutel freigeben. Es sollte auch die Person, die die Flasche gerieben hat, die Flasche erneut vorsichtig(!) anfassen und den Temperaturunterschied beschreiben. Die Aggregatzustände des Edukts und der Produkte sollten besprochen werden. Die Nebelbildung sollte ebenfalls angesprochen werden.

Evaluate 1:

Diese Sammlungs- und Diskussionsphase eignet sich dafür, das Vorwissen und die Präkonzepte der SchülerInnen zu erheben.

Nach dem Sammeln genauer Beobachtungen und – je nach Vorwissen – erster Vermutungen, was sich hinter dem Genie verbergen könnte, wird mittels einer Arbeitsanleitung in die Explore-Phase übergeleitet (Inquiry Level 1). Es wäre aber genauso möglich, an aufgekommene Fragen der SchülerInnen anzuschließen (Inquiry Level 3) oder eine Anschlussfrage, die sich aus den Beobachtungen ableitet, aber von der Lehrperson bestimmt wird, ohne weitere Anleitung zu bearbeiten (Inquiry Level 2). Das Mystery "Der Flaschengeist" ist in diesem Beispiel auf Inquiry Level 1 angelegt, d. h., die SchülerInnen bekommen eine Frage vorgegeben, erhalten eine Anleitung zur Versuchsdurchführung und sollen aus ihren Beobachtungen selbständig Schlussfolgerungen ziehen, um Kompetenzen zu erwerben und zu üben, die für die Durchführung höherer Inquiry Level nötig sind. Es steht aber den LehrerInnen frei, die Anleitung wegzulassen und die SchülerInnen z. B. über einen vorbereiteten Materialtisch oder Hinweiskarten zu unterstützen (entspräche Level 2).

Die Explore-Phase

Fragestellung:

Mit welchem der bereitgestellten Stoffe kannst du am meisten "Geist" produzieren?

Oder: Wie wirkt sich die Zugabe unterschiedlicher Stoffe auf die Reaktion aus?

Diese Phase dient dazu, dass die SchülerInnen den chemischen Hintergrund des Flaschengeists erforschen und selbst versuchen, mit unterschiedlichen Katalysatoren, z. B. Hefe, roher Kartoffel, Braunsteintabletten sowie Eisen(III)Chlorid, so viel "Geist" wie möglich zu produzieren. Die SchülerInnen sollten mittels Glimmspanprobe testen, welches Gas bei der Reaktion entsteht. Da SchülerInnen nur mit max. 10%iger Wasserstoffperoxidlösung arbeiten dürfen, sollte man, um Enttäuschungen vorzubeugen, auf die zu erwartenden schwächeren Reaktionen hinweisen. Die SchülerInnen erhalten ein Arbeitsblatt (s. Kopiervorlage in der Heftmitte), auf dem die Fragestellung, die Materialien sowie die Versuchsdurchführung vorgegeben sind. Dies kennzeichnet den Versuch als Level 1 Inquiry. Exemplarisch ist der Versuchsaufbau mit dem Minilabor® von Zinsser abgebildet (Abb. 2).



Abb. 2: Möglicher Aufbau des Schülerversuchs

Die Beobachtungen und Messungen sollen selbständig durchgeführt und die Ergebnisse dann in den Kleingruppen in Bezug auf das Demonstrationsexperiment interpretiert werden. Dabei kann die Konzentration des Ausgangsstoffs, die Oberfläche der Katalysatoren, Mengenverhältnisse u. ä. einbezogen werden. Diese Bedingungen können den SchülerInnen als Reiz- oder Hilfswörter auf dem Arbeitsblatt genannt werden.

Evaluate 2:

In der Explore-Phase können LehrerInnen durch Beobachtung feststellen, welche Kompetenzen die SchülerInnen bereits bezüglich Teamarbeit, der Handhabung von Geräten und in der Handlungsdimension "Erkenntnisse gewinnen" aufweisen und welche es noch zu entwickeln ailt. Führen die SchülerInnen korrekt Messungen durch? Ist die Datensammlung logisch aufgebaut? Wie sauber protokollieren die SchülerInnen die gewonnenen Daten? Können die SchülerInnen aus den Daten erste Schlussfolgerungen ziehen? Auch die Sichtung der Protokolle oder Arbeitsblätter kann hierüber Aufschluss geben.

TIPP:

Um die Zusammenarbeit in der Gruppe zu erleichtern, bietet sich die Methode der nummerierten Köpfe an, bei der den Gruppenmitgliedern unterschiedliche Rollen zugewiesen werden (Gruppenchef, Protokollführung, Materialbeschaffung, ZeitwächterIn, PräsentatorIn, SpionIn, ...). Diese sog. Rollen- oder Wächterkarten (Abb. 3) können mit Zahlen versehen auch als Lose für die Gruppenzuteilung verwendet werden.



Abb. 3: Beispiel für Rollen-/Wächterkarten (Bildquellen s. u.)

Die Explain-Phase

Damit die SchülerInnen zu einer fachlichen Klärung gelangen, könnten einerseits weitere Versuche selbst überlegt oder vorgegeben werden. Die SchülerInnen könnten z. B. rohe und gekochte Kartoffel vergleichen oder den Versuch mit Stärke ausprobieren, um diese als Reaktionspartner in den Kartoffeln auszuschließen. Braunsteintabletten könnten mit gepulvertem Braunstein verglichen werden. Andererseits könnten weiterführende Informationen bzw. kurze Sachtexte über Katalysatoren und ihre Wirkungsweise zur Verfügung gestellt oder Recherche in Schulbüchern und dem Internet ermöglicht werden. Leit- oder Diskussionsfragen können die SchülerInnen anregen, darüber nachzudenken, was eigentlich mit den zugegebenen Stoffen passiert (Wieso bleibt die Braunsteintablette erhalten?) oder woraus der Genie besteht (Es entsteht Sauerstoff bei der Reaktion, wieso ist der Genie dann nicht unsichtbar? Welcher Stoff muss noch entstehen?).

Evaluate 3:

In der Explain-Phase können LehrerInnen einerseits erkennen, welche Wege die SchülerInnen einschlagen, um zu weiterführenden Informationen zu gelangen, andererseits wird deutlich, wie gut die SchülerInnen die fachlichen Konzepte auf beobachtete Phänomene rückbeziehen können. Können Zusammenhänge hergestellt werden, können Informationen zur Katalyse, Größe von Oberflächen, exothermen Reaktion, Redoxreaktionen etc. in Bezug zu den gewonnenen Daten gesetzt werden? Inwiefern werden Fachbegriffe benutzt?

Fachliche Klärung:

Wasserstoffperoxid ist instabil und zerfällt zu Wasser und Sauerstoff.

$$2 H_2 O_{2 (aq)} \rightarrow 2 H_2 O_{(1)} + O_{2 (q)}$$

Beim Flaschengeist wird dieser Vorgang durch Zugabe eines Katalysators extrem beschleunigt. Die Reaktion verläuft stark exotherm.

Ein Katalysator beschleunigt eine Reaktion, ohne dabei selbst verändert zu werden, indem er die Aktivierungsenergie herabsetzt.

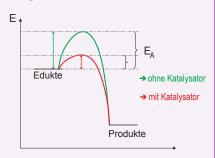


Abb 4: Energiediagramm (Bildquelle s. u.)

Im vorliegenden Beispiel findet eine heterogene Katalyse statt, d. h. der Katalysator tritt nicht im gleichen Aggregatzustand auf wie das Reaktionsmedium (im Gegensatz zu homogener Katalyse). Hierbei ist die Größe der Oberfläche entscheidend, denn nur an der Oberfläche bzw. den Phasengrenzflächen kann die Reaktion ablaufen. Daher wird der Katalysator als fein verteiltes Pulver dazu gegeben. Die Zugabe des Katalysators erhöht die Reaktionsgeschwindigkeit enorm. Unterschiedliche Katalysatoren wirken sich unterschiedlich stark auf die Reaktionsgeschwindigkeit aus, beispielsweise wirkt Eisen(III)-Chlorid weniger stark als das Enzym Katalase aus rohen Kartoffeln.

Auf Basis dieser Fakten lässt sich auch das Phänomen des Genies erklären. Aufgrund der stark exothermen Reaktion, fängt das Wasser an zu sieden. Außerhalb des Reaktionsgefäßes kühlt der so entstandene Wasserdampf wieder ab und kondensiert, was als weißer Nebel sichtbar ist. Dieser Nebel und der Sauerstoff nehmen ein größeres Volumen ein als das Edukt, weshalb der Genie aus der Flasche aufsteigt.

Die Extend-Phase

Je nach Vorwissen, Interesse oder ausgewähltem thematischen Schwerpunkt wären unterschiedliche Erweiterungen und Vertiefungen dieses Mysteries denkbar. Folgende Fragestellungen könnten sich zur Vertiefung eignen, auch arbeitsteilig, die jeweils davon abhängen, was bereits im Vorfeld zum Mystery besprochen oder vielleicht auch bewusst offen gehalten wurde.

- Handelt es sich um Rauch, Nebel oder Dampf, der entweicht?
- Wie lassen sich die Reaktionsprodukte nachweisen?
- Wird durch das Reiben an der Flasche eine Art Aktivierungsenergie auf das System übertragen?
- Handelt es sich bei dem braunen Pulver um ein Reaktionsprodukt oder um den Katalysator?
- Wie kann ich den Vorgang beschleunigen bzw. verlangsamen?
- Warum wird das Phänomen zunächst immer heftiger, bevor es verebbt?

Evaluate 4:

Hier zeigt sich, ob die Schüler-Innen das gewonnene Wissen selbstständig anwenden und weiterführende oder Transferaufgaben bearbeiten können.

DANKSAGUNG

Wir danken DI Mag. Günter Lautner für die Ideen und Ausarbeitungen zu diesem Mystery.

Wir danken Tony Sherborne und Julie Jordan von der Sheffield Hallam University, England, für die Idee zu diesem Mystery.

TIPPS ZUM WEITERLESEN UND INFORMIEREN:

Wasserstoffperoxid-Zersetzung durch verschiedene Katalysatoren, u. a. der Fruchteisbecher: http://www.job-stiftung.de/pdf/versuche/H2O2_Zersetzung.pdf [28.01.2015]

Der Genie als Video: http://teachingmysteries.eu/en/mystery-of-the-month/201407/ [28.01.2014]

Minilabor: http://www.zinsser-analytic.com/cosumables/minilab-2/ [28.01.2015]

Schallies, M. (1991). Minilabor. Anleitung zum Experimentieren mit dem Minilabor. Heidelberg: Pädagogische Hochschule.

BILDQUELLEN:

Genie: http://www.zawaj.com/joke-understanding-women-understanding-men/genie-lamp/ [16.03.2015]

Rollenkarte "Material": http://www1.prometheanplanet.com/de/upload/img_200/labor.jpg [30.01.2014]

Rollenkarte "Sicherheit": http://t2.ftcdn.net/jpg/00/45/60/61/400_F_45606180_ CTz7VXMz6dQeqmipF2azoX5y5KumVwzY.jpg

Energiediagramm: http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/ umat/ostwald/ostwald.htm

Fest oder flüssig? Nichtnewtonsche Stoffsysteme

Anja LEMBENS Simone ABELS

> Manche Stoffsysteme verhalten sich nicht ,normal', wenn man Kraft auf sie ausübt. Sie werden fester oder flüssiger. Der Zusammenhalt oder die Struktur innerhalb der Stoffsysteme ändert sich bei Krafteinwirkung, wodurch sich ihr Verhalten verändert. Beispiele sind Stärke-Wasser-Gemische, Ketchup, hüpfende Knete und Sand. Als Beispiel greifen wir hier die hüpfende Knete heraus, machen das Phänomen für die Lernenden erfahrbar und ermöglichen ihnen über dieses Phänomen den Einstieg in das Forschende Lernen. Die SchülerInnen erkunden zunächst die verblüffenden Eigenschaften der hüpfenden Knete und stellen nach verschiedenen Rezepten selbst hüpfende Knete her. Deren Eigenschaften werden mit dem Original verglichen und anschließend können die Rezepte noch optimiert werden und je nach Klassenstufe in die Tiefen der chemischen und physikalischen Hintergründe eingetaucht werden.

Showmanship:

Die Darstellung, die wir für die Gestaltung dieses Mysteries vorschlagen, ist die Präsentation des Phänomens in Verbindung mit Storytelling und einen Materialtisch (Abb. 1).

Abb. 1: Materialtisch zum Mystery "Fest oder flüssig?"

Klassenstufe	auf Phänomenebene für SchülerInnen ab Klasse 4 (8. Schulstufe), auf Teilchenebene ab Klasse 7 (11. Schulstufe)
Handlungsdimension	Wissen organisieren (W1, W3); Erkenntnisse gewinnen (E1, E3, E4); Schlüsse ziehen (S1, S4)
Lehrplanbezug	Teilchenmodell der Materie und Chemische Bindungen (C1); Eigenschaften wichtiger Substanzen und Stoffklassen (C2)
Alltagsbezug	Active Protection System (APS) z.B. in Motorradbekleidung, Nichttropfende Lackfarben, Verarbeitung von Thermoplasten, Aufstellen eines Sonnenschirmes im Sand, Fließverhalten von Ketschup

Die Engage-Phase

Die Lehrperson erzählt und ahmt Lisas Tun nach:

Lisa sammelt seit ein paar Jahren Flummis in allen Farben und Größen. Zu ihrem 12. Geburtstag hat sich ihr Bruder Fabio für Lisa etwas Besonderes ausgedacht und überreicht ihr ein kleines Paket.

Aber als Lisa das Päckchen öffnet, ist sie enttäuscht: Es enthält eine Metalldose mit grüner Knete. Sie spielt ein bisschen damit herum, formt eine Kugel daraus und als ihr Bruder sie heftig zu Kitzeln beginnt, fällt ihr die Knetkugel aus der Hand. Die Lehrperson lässt die hüpfende Knete fallen, sie springt!

Lisa ist erstaunt: "Seit wann kann denn Knete hüpfen?" Sie probiert es gleich noch einmal aus. Tatsächlich, diese Knete kann hüpfen – sie verhält sich wie ein Flummi.

Und das Beste ist, je fester man sie wirft, desto höher springt sie. Ihre Freunde sind begeistert und wollen auch welche haben.

Dummerweise sind die Geschäfte schon geschlossen, aber ihr Vater hat eine Idee: "Wir könnten versuchen, diese hüpfende Knete selbst zu machen."



Im Internet finden Lisa, Fabio und die anderen Geburtstagsgäste mehrere Anleitungen, um hüpfende Knete selbst herzustellen. Sie beschließen, mehrere Rezepte auszuprobieren und zu vergleichen, welches am besten funktioniert.

Benötigtes Material für den Materialtisch:

Hüpfende Knete (z. B. von http://www.knete.de), Hammer, Kunststoffbrett, normale Knete, Lebensmittelfarbe, flüssiger Bastelkleber (z. B. von Uhu), flüssige Stärke (z. B. von Hoffmanns zum Bügeln), Kartoffelstärke, Bechergläser (100 mL), Pasteurpipetten (3 mL), Heizplatte, Waage, Spatel, Rührstäbe, Messzylinder, Spritzflasche mit deionisiertem Wasser, Borax (für Boraxlösung 2 %)¹, Polyvinylalkohol (für Polyvinylalkohollösung 10 %), Frischhaltefolie zum Transportieren der fertigen Knete

Vorbereitung:

Die Lösungen müssen angesetzt und der Materialtisch aufgebaut werden. Für das Ansetzen der Lösungen geht man folgendermaßen vor:

10%ige wässrige Polyvinylalkohollösung:

50 g Polyvinylalkohol in 500 mL kaltes, deionisiertes (bzw. destilliertes) Wasser einrühren. Die Lösung zum Kochen bringen und so lange rühren, bis der Polyvinylalkohol vollständig gelöst ist (kann relativ lange dauern!). Die Lösung abkühlen lassen und in einer verschlossenen Flasche aufbewahren.

2%ige Boraxlösung:

5 g Borax in 250 mL deionisiertem Wasser lösen und in verschlossener Flasche aufbewahren.

Sicherheitshinweise:

Polyvinylalkohol ist gesundheitlich unbedenklich. Knete nicht in den Mund nehmen und nach dem Berühren der Knete die Hände gründlich waschen. Knete möglichst nicht mit Kleidern oder Möbeln in Kontakt bringen.

Zunächst sollten die SchülerInnen Gelegenheit erhalten, die verschiedenen Eigenschaften der gekauften hüpfenden Knete ausgiebig zu erkunden. Anschlie-Bend geht es darum, verschiedenen Herstellungsanleitungen zu vergleichen und Gemeinsamkeiten wie auch Unterschiede herauszuarbeiten. Die SchülerInnen können überlegen, welches Rezept wohl am besten funktioniert und danach auswählen, mit welcher Anleitung sie beginnen möchten. Es können auch verschiedene Gruppen verschiedene Rezepte ausprobieren. Damit lässt sich gut begründen, dass genauestens dokumentiert werden muss, wie vorgegangen wurde, um hinterher die Eigenschaften der Produkte und den Herstellungsprozess vergleichen und mögliche Unterschiede begründen zu können.

Evaluate 1:

In der Engage-Phase wird ersichtlich, ob die SchülerInnen Vorerfahrungen mit dem Phänomen nichtnewtonscher Systeme und ihren ungewöhnlichen Eigenschaften haben und inwiefern sie dazu bereits Erklärungsansätze formulieren können. Es kann beobachtet werden, wie systematisch sie ihre Arbeit planen, Materialien vorbereiten und ihr Vorgehen als Gruppe abstimmen können.

Das Mystery "Fest oder flüssig?" ist in diesem Beispiel auf **Inquiry Level 1** angelegt, da die SchülerInnen Anleitungen vorgegeben bekommen. Die SchülerInnen können aber mit dem gegebenen Material auch eigene Fragestellungen durchdenken und bearbeiten.

Stoff GHS Symbole H-Sätze und P-Sätze Polyvinylalkohol (C₂H₃OH)_N ENTSORGUNG: In den Sammelbehälter für organische Abfälle geben. Borax (Na₂B₄O₁ • 10H₂O) ENTSORGUNG: Entsorgung: In den Sammelbehälter für anorganische Abfälle geben.

Die Explore-Phase

Aufgabenstellung:

Erkunde zunächst die Eigenschaften der gekauften hüpfenden Knete. Untersuche dabei das Stoffsystem "hüpfende Knete" systematisch: Unter welchen Bedingungen verhält es sich wie ein Feststoff, wann wie eine Flüssigkeit? Was ist anders als bei herkömmlicher Knete? Stelle dann deine eigene hüpfende Knete her. Welches Rezept wird wohl am besten funktionieren?

Die SchülerInnen werden aufgefordert, die Eigenschaften der hüpfenden Knete zu erkunden. Leitfragen können ggf. bei der Untersuchung der Eigenschaften helfen.

- Wie ist die "Hüpfkraft"?
- Handelt es sich um eine Flüssigkeit oder einen Feststoff?
- Wie verhält sich die Knete, wenn man mit einem Hammer darauf schlägt?
- Was passiert, wenn die Knete langsam auseinandergezogen wird?
- Was passiert, wenn man versucht, die Knete zu zerreißen?
- Was passiert, wenn man zwei Knetstücke miteinander in Berührung bringt?

• ...

Anschließend erhalten die Schüler-Innen in arbeitsteiligen Gruppen verschiedene Anleitungen (s. Heftmitte), um hüpfende Knete selbst herzustellen. Sie werden aufgefordert, genau zu protokollieren, was sie gemacht haben. Dann sollen sie die Eigenschaften ihres Produktes systematisch erkunden und mit der gekauften hüpfenden Knete vergleichen. Die Ergebnisse dieser Produktprüfungen sollen sauber dokumentiert werden, um hinterher die Ergebnisse der verschiedenen Gruppen vergleichen zu können. Manche Rezepte funktionieren besser als andere. Hier ist später auch noch Optimierungsarbeit gefragt.

¹ Boraxlösung 2%ig und Polyvinylalkohol sind im Kunststoff-Experimentierset des VCÖ enthalten und können über den VCÖ-Shop unter http://www.vcoe.or.at/shop/diverses.php bezogen werden.

Evaluate 2:

In der Explore-Phase kann zunächst festgestellt werden, wie systematisch die SchülerInnen bei der Erkundung der Eigenschaften der gekauften Knete vorgehen. Dann kann die Lehrkraft Erkenntnisse darüber gewinnen, inwieweit die Lernenden mit dem Befolgen der Herstellungsanleitung zurechtkommen und schließlich, wie sie gemeinsam in der Gruppe die nächsten Schritte planen, durchführen und protokollieren. Es wird aber auch deutlich, inwiefern die SchülerInnen in der Lage sind, die Qualität ihrer Ergebnisse einzuschätzen und die unterschiedlichen Beobachtungen miteinander zu diskutieren.

Die Explain-Phase

- a. Je ein/e Schüler/in pro Gruppe stellt anhand eines Protokolls (als Poster oder Folie) im Plenum genau vor, wie sie ihre hüpfende Knete hergestellt haben.
- b. Die Eigenschaften werden genau beschrieben, demonstriert und mit denen der gekauften hüpfenden Knete verglichen.
- c. Die Eigenschaften (hüpfen, fließen, zerspringen, ...) der Produkte der einzelnen Gruppen werden miteinander verglichen und in einer Tabelle oder Grafik von ,schwach' bis ,stark' übersichtlich dargestellt.
- d. Gemeinsam wird das Siegerrezept identifiziert und die dafür herangezogenen Kriterien begründet.
- e. Die Plakate werden im Plenum vorgestellt und mit Blick auf die klarste Darstellung diskutiert und bewertet.

Für höhere Klassen ist es sinnvoll, tiefer in die Chemie oder Physik einzusteigen und die makroskopischen Eigenschaften der hüpfenden Knete aufgrund ihrer submikroskopischen Struktur zu erklären. Hier können eigene Recherchen im Internet angestellt oder bereitgestellte Quellen ausgewertet werden. Bezüge zu Kunststoffen und anderen nichtnewton-

schen Systemen (Stärke-Wasser, Sand-Luft, Ketchup, ...) können ebenso hergestellt werden wie auch Lernphasen zu den Phänomenen Viskosität, Dilatanz, Tixotropie und Rheopexie, wobei sich hier ein fächerverbindendes Arbeiten mit Physik oder technischen Fächern anbietet.

Fachliche Klärung: Wie funktioniert hüpfende Knete?

Newtonsche Systeme, wie Wasser oder Luft, zeigen eine belastungsunabhängige Viskosität. Bei ihnen ist die dynamische Viskosität η unabhängig von der Schergeschwindigkeit dv/dy.

$$\tau = \eta dv_v/dy$$

Viskosität = Proportionalitätsfaktor zwischen Schubspannung τ und Schergeschwindigkeit dv/dy

Schubspannung τ =
Kraft pro Fläche in Pa dv/dy =
Geschwindigkeitsgradient in 1/s

η = dynamische Viskosität in Pa·s

Als nichtnewtonsche Systeme bezeichnet man Stoffsysteme, deren Verformungsverhalten sich nicht durch das Newtonsche Gesetz beschreiben lässt.

Die hüpfende Knete ist ein viskoelastischer Kunststoff. Sie verhält sich einerseits wie eine zähe Flüssigkeit, zeigt aber auch Eigenschaften eines Festkörpers. Hüpfende Knete besteht aus kettenförmigen Polydimethylsiloxanmolekülen

(PDMS), in denen jedes fünfte bis 100. Siliziumatom durch ein Boratom ersetzt ist (borhaltige Polysiloxane). Die Boratome in den Molekülen tragen eine positive elektrische Teilladung (Elektronenpaarlücke, Lewis-Säure), die Sauerstoffatome eine negative elektrische Teilladung (freie Elektronenpaare, Lewis-Base). Zwischen beiden können sich durch elektrostatische Anziehung temporäre Vernetzungen bilden. Diese zwischenmolekularen Vernetzungen sind schwach, sie können leicht gelöst und an anderer Stelle neu gebildet werden (Abb. 2).

Wirken **schwache**, **langsame** Kräfte, wie beim Kneten, Ziehen oder Liegenlassen (Gravitation) auf die hüpfende Knete ein, dann können die Ketten aneinander vorbeigleiten. Die Vernetzungsstellen werden gelöst und es bilden sich an anderen Stellen neue. Der Stoff verhält sich wie eine plastische, viskose Masse und zerfließt beim Liegenlassen.

Wirken **starke** Kräfte (Werfen, Reißen, Hammerschlag) auf die hüpfende Knete ein, nähern sich die Molekülketten einander sehr stark an und es bilden sich erzwungene Vernetzungen. Bei stoßartigen Kräften, wie beim Werfen, verhält sich die hüpfende Knete wie ein hochelastischer Festkörper. Je größer die Krafteinwirkung ist, desto mehr Vernetzungsstellen bilden sich. Bei einem Hammerschlag können sie sich nicht schnell genug voneinander lösen und der einwirkende Impuls verursacht ein Zersplittern oder Reißen. Die hüpfende Knete verhält sich dann wie ein sprödelastischer Festkörper (Abb. 3).

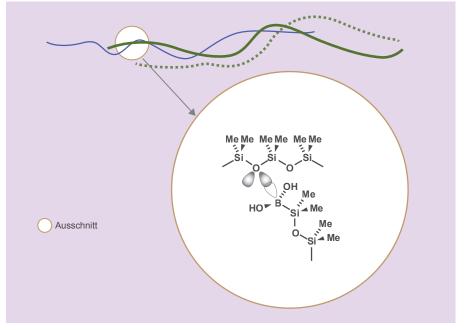


Abb. 2: Teilchenstruktur der hüpfenden Knete (Bildquelle: verändert nach Begreifen und Verstehen. Schulversuche mit WACKER-SILICONEN, Druckversion, S. 69)

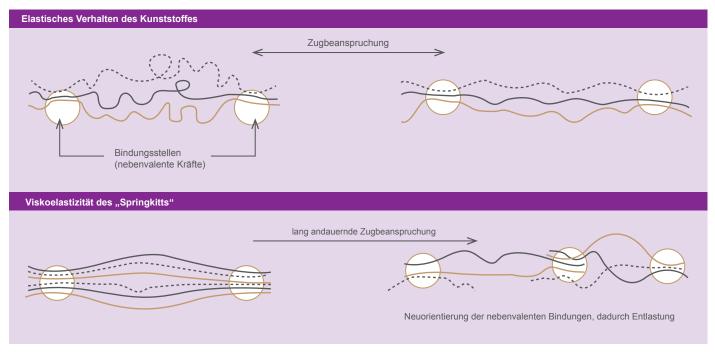


Abb. 3: Wirken unterschiedlicher Kräfte auf die Knete (Bildquelle: verändert nach Begreifen und Verstehen. Schulversuche mit WACKER-SILICONEN, Druckversion, S. 69)

Evaluate 3:

In der Explain-Phase zeigt sich, ob die SchülerInnen ihr Wissen organisieren können, insbesondere ob sie ihre Beobachtungen und Erkenntnisse adressatengerecht aufbereiten und erklären können (W1, W3). Bei SchülerInnen mit mehr Vorwissen wird auch deutlich, ob sie die makroskopische Ebene mit der submikroskopischen verbinden können.

Die Extend-Phase

In einem nächsten Schritt ist es möglich, dass sich die SchülerInnen Gedanken dazu machen, wie sie ihr Produkt optimieren können. Sie sollen ausprobieren ob und wie sich die Eigenschaften verändern, wenn das Verhältnis der Zutaten zueinander variiert wird. Hier ist es unabdingbar, dass genau protokolliert wird, was gemacht wurde und wie sich die Veränderung auf die Eigenschaften des Produkts auswirkt, um eine Reproduzierbarkeit zu garantieren. Hier wird besonders nachvollziehbar, weshalb das Führen eines Protokolls keine unnütze Arbeitsbeschaffungsmaßnahme ist.

Die Untersuchung von Stärke-Wasser-Systemen, Sand-Luft-Systemen und Ketchup als weitere Beispiele für nichtnewtonsche Systeme bietet sich für diese Phase an. Auch können Rechercheaufgaben zu den Ursachen für das ungewöhnliche Verhalten dieser Stoffsysteme gegeben werden. Die SchülerInnen könnten Modelle (Zeichnungen oder Objekte) entwickeln, die die Eigenschaften modellhaft erklären. Dies bietet sich insbesondere für die AHS Oberstufe an (Thema: Strukturen und Modellbildung).

- Könnt ihr durch Veränderung der Ausgangsstoffe die Eigenschaften eures Produktes gezielt verbessern?
 z. B. besseres Hüpfen, besseres Zerfließen, besseres Fädenziehen, ...
- Gibt es außer der hüpfenden Knete noch andere Stoffsysteme, die sich bei Krafteinwirkung ungewöhnlich verhalten? Untersucht ihre Eigenschaften und vergleicht mit der hüpfenden Knete.
- Entwickelt ein Modell (Zeichnung oder Objekt) mit dem ihr die Eigenschaften eines nichtnewtonschen Systems erklären könnt.

Evaluate 4:

In dieser Phase wird ersichtlich wie gut die SchülerInnen mit dem gezielten Auswählen und Verändern von Variablen und dem Konstanthalten anderer Faktoren als wichtiges Merkmal naturwissenschaftlicher Untersuchungen umgehen können. Auch die Nachvollziehbarkeit der Prozessdokumentation in den Protokollen gibt Aufschluss über die Kompetenzen der Schüler-Innen.

Es wird ersichtlich, wie gut SchülerInnen mit dem Modellbegriff umgehen können und ob sie ausgehend von der Phänomenebene in der Lage sind, auf Modellebene eine Erklärung für das Verhalten nichtnewtonscher Systeme zu finden.

TIPPS ZUM WEITERLESEN UND INFORMIEREN:

http://www.chemie.de/lexikon/Nichtnewtonsches_Fluid.html [29.03.2015]

http://www.chemie.de/lexikon/Dilatanz.html [29.03.2015]

http://www.seilnacht.com/nano/nano_ela.html [29.03.2015]

http://www.experimentis.de/wissenschaft/unterhaltsam-lustig/oobleck-nichtnewtonschefluide-newtonsche-flussigkeit/ [29.03.2015]

http://www.prosieben.at/tv/galileo/videos/4267-extrem-sand-clip [29.03.2015]





molymod-Set's und Ersatzteile

Der VCÖ-Shop ist Generalvertreter für Österreich!

Jetzt NEU!

Ferrofluid Set: 10,80 € inkl. UST

Das VCÖ-Periodensystem für die Oberstufe

PSE A4, zweiseitig, vierfärbig, Karton, cellophaniert:

1,20 €/Stk.

b) PSE A4, zweiseitig, vierfärbig, in Folie eingeschweißt (besonders stabile Ausführung): 1,90 €/Stk.

Das VCÖ-Periodensystem für die Unterstufe

a) PSE A4, zweiseitig, vierfärbig, Karton, cellophaniert: 1,20 €/Stk.

b) PSE A4, zweiseitig, vierfärbig, in Folie eingeschweißt (besonders stabile Ausführung): 1,90 €/Stk.

Mengenrabatte gültig für beide Periodensysteme:

50 Stück -5% ab 100 Stück -10%

ab 200 Stück -10% (frei Haus!)

Nitinol-Draht

8,40 €/m

SICHERHEITSAKTION: **Gefahrstoff-**Etiketten-**Druckprogramm**

CD04 75 €

Bei allen Preisen kommen wenn nicht ausdrücklich anders angegeben die Versandspesen noch dazu; die gesetzliche Umsatzsteuer ist hingegen inbegriffen!

Bitte beachten Sie auch unsere aktuellen Angebote und Aktionen!

Siehe dazu beiliegenden Bestellschein, oder besuchen Sie unseren

VCÖ-Shop:

Bitte beachten sie auch unsere Set-Angebote im Shop: Thermit-Set • Kunststoff-Set • Tüpfel-Set







www.chemieshop.at

Anleitungsvorlagen zum Herausnehmen

Der Flaschengeist
Fest oder flüssig?
Gelli Baff ®
Der (un)zuverlässige Indikator
Magischer Sand
Chemisches Gewichtheben
Planungsraster

NAME: DATUM:

Der Flaschengeist

Der Flaschengeist ist ein oft gezeigtes Phänomen. Im Internet finden sich verschiedene Videos, in denen dieser Versuch auch im Rahmen von naturwissenschaftlichen Shows vorgeführt wird. (https://www.youtube.com/watch?v=5q5bzHckSIM)

Was verursacht diesen Flaschengeist?

Löst das Rätsel. Notiert eure Beobachtungen, euer Vorgehen und eure Ergebnisse!



Aufgabe Finde heraus, mit welchem der bereitgestellten Stoffe du am meisten "Geist" produzieren kannst?

MATERIALIEN UND GERÄTE:

- 1 Reaktionsgefäß mit Seitenarm und Deckel
- 1 Schraubverbindung
- 1 Schlauch und Holzklammer oder 1 Glasrohr zweifach gewinkelt
- 1 Auffanggefäß oder 1 kleines Reagenzglas
- 1 kleine Wanne (z.B. Plastikbehälter)
- Pinzette, Spatel, Pipette
- Wasserstoffperoxid-Lösung (H₂O₂) 3%ig
- Braunstein (MnO₂ / Braunsteintablette)
- Eisen(III)Chlorid-Lösung (FeCl₃) 0,1 mol/L
- Kartoffel (roh, gekocht)
- Hefe (Germ) (frisch, trocken)
- Stärke
- Leitungswasser

Sicherheitshinweise: Trage eine Schutzbrille!

Stoff	GHS Symbole	H-Sätze und P-Sätze
Braunstein (MnO ₂)	(2)	H272 H302+H332
Eisen(III)Chlorid-Lösung	(1)	H302, H315, H318, H317 P280, P302+P352, P305+P351+P338
Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂) (3%ige Lösung)	(1)	H302, H318 P102, P280, P305+P351+P338, P301+P312, P501

Aufgabe VERSUCHSAUFBAU: Es gibt zwei Varianten, wie der Versuch aufgebaut werden kann:





Aufgabe

HYPOTHESE / VERMUTUNG:

Bei dem Versuch ist eine heftige Reaktion zu beobachten, bei der Sauerstoff entsteht. Verschiedene Stoffe könnten die Reaktion unterschiedlich stark aktivieren, was man an der Menge des entstehenden Gases erkennen kann. Dazu muss der entstehende Sauerstoff aufgefangen und die Zunahme des Gasvolumens pro Zeiteinheit gemessen werden.

NAME: DATUM:

Der Flaschengeist

Aufgabe DURCHFÜHRUNG:

Zur Überprüfung der Hypothese wird das Reaktionsprodukt Sauerstoff pneumatisch aufgefangen, indem es in Wasser eingeleitet und in einem Auffanggefäß gesammelt wird. **Das Auffanggefäß ist anfangs vollständig mit Wasser gefüllt.** Das eingeleitete Gas aus der Reaktion verdrängt das Wasser im Gefäß. Die Stoffe werden unter gleichbleibenden Bedingungen (Temperatur, Druck, Apparatur, Volumina, ...) untersucht.

- 1. Baue die Apparatur wie auf dem Foto auf!
- 2. Fülle das Reaktionsgefäß mit 2 mL 3%iger Wasserstoffperoxid-Lösung!
- 3. Gib mittels Pinzette den dir zugeteilten Stoff in das Reaktionsgefäß und schließe es sofort mit dem Schraubverschluss!
 - a) eine Braunsteintablette
 - b) ein kleines Stückchen rohe Kartoffel
 - c) ein kleines Stückchen frische Hefe
 - d) eine Spatelspitze Trockenhefe
 - e) 2 mL Eisen(III)Chlorid-Lösung
- Notiere deine Beobachtungen und miss die Geschwindigkeit der Gasentwicklung. Wähle dazu ein geeignetes Zeitintervall (z. B. 30 Sekunden) und markiere mit einem Edding den jeweiligen Füllstand am Auffanggefäß.
- Beende den Versuch nach vier bis sechs Messungen.

ENTSORGUNG:

- Die Braunsteintablette kann wiederverwendet werden. Zum Trocknen mit einer Pinzette auf ein Stück Küchenrolle geben.
- Wasserstoffperoxid-Lösungen und Eisenchloridlösung in gesondert beschrifteten Gefäßen einem Entsorgungsunternehmen zuführen.
- · Kartoffel und Hefe in den Restmüll.

BEOBACHTUNG	EIN:		

MESSDATEN:

Gewähltes Zeitintervall für die 6 Messungen: ____ Sekunder

Messungen	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Gas in mL Substanzen						
Braunstein						
Kartoffel (roh)						
Hefe (frisch)						
Hefe (trocken)						
Eisen(III)Chlorid-Lsg.						

Aufgabe INTERPRETATION:

Was verursacht den Flaschengeist?

Hinweise: 30%ige Wasserstoffperoxid-Lösung, reiner Braunstein, stark exotherme Reaktion, Siedepunkt von Wasser

Reaktionsgleichung: $2 H_2 O_2$ (aq) \longrightarrow O_2 (g) + _____ exotherme Reaktion

Fest oder flüssig? Herstellungsanleitung

Aufgabe Erkunde die verblüffenden Eigenschaften der hüpfenden Knete! Was kannst du alles mit ihr anstellen? Unter welchen Bedingungen verhält sich die Knete anders als normale Knete?



Explore

Aufgabe Stelle deine eigene hüpfende Knete her. Befolge die Anleitung und führe Protokoll, damit du hinterher deine Vorgehensweisen und Ergebnisse mit denen deiner MitschülerInnen vergleichen kannst.

MATERIALIEN UND GERÄTE:

- 11 g UHU Bastelkleber
- 5,5 g flüssige Stärke
- 17,5 g Kartoffelstärke
- Lebensmittelfarbe
- Waage
- Messbecher od. Becherglas od. Plastikbecher
- Löffel oder Rührstab





DURCHFÜHRUNG:

- Wiege zuerst den Bastelkleber in deinem Becherglas oder Plastikbecher ab.
- Dazu gibst du die flüssige Stärke und ein paar Tropfen der Lebensmittelfarbe. Rühre einmal kräftig um.
- Nun gib die Kartoffelstärke dazu und rühre so lange bis sich deine Knete vom Boden des Gefäßes löst.
- Zum Schluss bedeckst du deine Hände mit einem halben Löffel Stärke. Jetzt kannst du deine Knete in die Hand nehmen und nochmal gut durchkneten. Ist sie zu klebrig, gib noch ein wenig Stärkepulver dazu.
- Wasche dein Becherglas gleich sauber aus!
- Am besten bewahrst du deine Knete in einer verschließbaren Dose oder einer Frischhaltefolie im Kühlschrank auf.

Erkunde nun die Eigenschaften deiner Knete und vergleiche diese mit dem gekauften Original.

Welche Eigenschaften sind ähnlich, welche unterscheiden sich?

Aufgabe

- a. Stelle anhand deines Protokolls (als Poster oder Folie) im Plenum genau vor, wie du deine hüpfende Knete hergestellt hast.
- b. Beschreibe und demonstriere die Eigenschaften deines Produkts so genau wie möglich.
- c. Die Eigenschaften (hüpfen, fließen, zerspringen, ...) sollen verglichen und in einer Tabelle oder Grafik von "schwach" bis "stark" übersichtlich dargestellt werden.
- d. Gemeinsam könnt ihr das Siegerrezept identifizieren und die dafür gewählten Kriterien begründen.
- e. Die Plakate werden im Plenum vorgestellt und mit Blick auf die klarste Darstellung diskutiert und bewertet.

Aufgabe

OPTIMIERE!

Überlege dir, wie du das beste Rezept noch optimieren kannst. Verändere z. B. die Menge oder das Verhältnis der Zutaten. Was musst du beim Variieren unbedingt beachten, um sagen zu können, was genau deine Knete verbessert hat?







Fest oder flüssig? Herstellungsanleitung

Aufgabe Erkunde die verblüffenden Eigenschaften der hüpfenden Knete! Was kannst du alles mit ihr anstellen? Unter welchen Bedingungen verhält sich die Knete anders als normale Knete?



Explore

Aufgabe Stelle deine eigene hüpfende Knete her. Befolge die Anleitung und führe Protokoll, damit du hinterher deine Vorgehensweisen und Ergebnisse mit denen deiner MitschülerInnen vergleichen kannst.

MATERIALIEN UND GERÄTE:

- 6 g UHU Bastelkleber
- 11 g Wasser
- 14,3 g Kartoffelstärke
- Lebensmittelfarbe
- Waage
- Heizplatte oder Waage mit Heizfunktion
- Becherglas
- Löffel oder Rührstab





DURCHFÜHRUNG:

- Schalte die Heizplatte ein und stelle sie auf 100°C.
- Wiege das Wasser und die Stärke in deinem Becherglas ab.
- Rühre einmal kräftig um.
- Jetzt stellst du das Becherglas auf die Heizplatte und lässt es 10 Minuten stehen. (Was passiert mit der Stärke?) Rühre jede Minute einmal um.
- Nimm das Becherglas von der Heizplatte und gib ein paar Tropfen Lebensmittelfarbe dazu.
- Wieg noch 6 g von dem Bastelkleber ein und rühre gut um, bis sich die Knete vom Boden löst.
- Zum Schluss bedeckst du deine Hände mit einem halben Löffel Stärke. Jetzt kannst du deine Knete in die Hand nehmen und nochmal gut durchkneten. Ist sie zu klebrig, gib noch ein wenig Stärkepulver dazu.
- Wasche dein Becherglas gleich sauber aus!
- Am besten bewahrst du deine Knete in einer verschließbaren Dose, oder einer Frischhaltefolie im Kühlschrank auf.

Erkunde nun die Eigenschaften deiner Knete und vergleiche diese mit dem gekauften Original.

Welche Eigenschaften sind ähnlich, welche unterscheiden sich?

Aufgabe

- a. Stelle anhand deines Protokolls (als Poster oder Folie) im Plenum genau vor, wie du deine hüpfende Knete hergestellt hast.
- b. Beschreibe und demonstriere die Eigenschaften deines Produkts so genau wie möglich.
- c. Die Eigenschaften (hüpfen, fließen, zerspringen, ...) sollen verglichen und in einer Tabelle oder Grafik von "schwach" bis "stark" übersichtlich dargestellt werden.
- d. Gemeinsam könnt ihr das Siegerrezept identifizieren und die dafür gewählten Kriterien begründen.
- e. Die Plakate werden im Plenum vorgestellt und mit Blick auf die klarste Darstellung diskutiert und bewertet.

Aufgabe **OPTIMIERE!**

Überlege dir, wie du das beste Rezept noch optimieren kannst. Verändere z. B. die Menge oder das Verhältnis der Zutaten. Was musst du beim Variieren unbedingt beachten, um sagen zu können, was genau deine Knete verbessert hat?



Explain



Fest oder flüssig? Herstellungsanleitung

Aufgabe Erkunde die verblüffenden Eigenschaften der hüpfenden Knete! Was kannst du alles mit ihr anstellen? Unter welchen Bedingungen verhält sich die Knete anders als normale Knete?



Explore

Aufgabe Stelle deine eigene hüpfende Knete her. Befolge die Anleitung und führe Protokoll, damit du hinterher deine Vorgehensweisen und Ergebnisse mit denen deiner MitschülerInnen vergleichen kannst.

MATERIALIEN UND GERÄTE:

- 10%ige wässrige Polyvinylalkohollösung
- 2%ige Boraxlösung
- Lebensmittelfarbe
- Messzylinder
- Becherglas
- Pipetten
- Löffel oder Rührstab





DURCHFÜHRUNG:

- Miss 20 mL der Polyvinylalkohollösung ab.
- Gib ein paar Tropfen Lebensmittelfarbe dazu.
- Rühre einmal kräftig um.
- Gib jetzt 7 mL Boraxlösung dazu.
- Mische alles gut durch.
- Nimm nun das Reaktionsgemisch aus dem Becherglas und knete es in den Händen

Erkunde nun die Eigenschaften deiner Knete und vergleiche diese mit dem gekauften Original.

Welche Eigenschaften sind ähnlich, welche unterscheiden sich?

SICHERHEITSHINWEIS:

Polyvinylalkohol ist gesundheitlich unbedenklich. Knete nicht in den Mund nehmen und nach dem Berühren die Hände gründlich waschen. Knete möglichst nicht mit Kleidern oder Möbeln in Kontakt bringen.

Quelle: Kunststoffset VCÖ

Aufgabe

- a. Stelle anhand deines Protokolls (als Poster oder Folie) im Plenum genau vor, wie du deine hüpfende Knete hergestellt hast.
- b. Beschreibe und demonstriere die Eigenschaften deines Produkts so genau wie möglich.
- c. Die Eigenschaften (hüpfen, fließen, zerspringen, ...) sollen verglichen und in einer Tabelle oder Grafik von "schwach" bis "stark" übersichtlich dargestellt werden.
- d. Gemeinsam könnt ihr das Siegerrezept identifizieren und die dafür gewählten Kriterien begründen.
- e. Die Plakate werden im Plenum vorgestellt und mit Blick auf die klarste Darstellung diskutiert und bewertet.

Aufgabe

OPTIMIERE!

Überlege dir, wie du das beste Rezept noch optimieren kannst. Verändere z. B. die Menge oder das Verhältnis der Zutaten. Was musst du beim Variieren unbedingt beachten, um sagen zu können,

was genau deine Knete verbessert hat?

Explain

Gelli Baff®



Das Mystery beschäftigt sich mit einem kristallinen Pulver, welches man zum Wasser in der Badewanne schüttet. Dabei entsteht ein zähflüssiges Hydrogel, welches bunten, geleeartigen Badespaß bringt!

Die Herausforderung beginnt nach dem Baden: Wie bekommt man das zähflüssige Gelli Baff wieder aus der Wanne?

Entwickle Ideen zur Lösung dieses Mysteries. Protokolliere deine Ideen, Beobachtungen, Vorgänge und Ergebnisse in deinem Heft.



Aufgabe Sarah und Philip nehmen ein Bad im Gelli Baff. Nun ist es an der Zeit die Badewanne wieder zu entleeren. Aber wie? Das Gelli Baff ist zu zähflüssig, als dass man es durch den Abfluss spülen könnte.



Aufgabe Stelle verschiedene Hypothesen auf, wie man das Gelli Baff wieder flüssig machen könnte, das heißt, wie man die Rückreaktionen initiieren könnte.



Aufgabe Untersuche, wie du das Gelli Baff wieder flüssig machen kannst. Benutze die gegebenen Materialien: Kristallzucker, Sodapulver, Essigessenz, Zitronensaft, Zitronensäure, Tafelsalz, Meersalz und Staubzucker. Teste die Materialien systematisch.

Aufgabe

Erkläre die hier stattfindende Gleichgewichtsreaktion.

Aufgabe

Erkläre die Reaktion des Hauptbestandteils des Gelli Baffs (das Natriumsalz der Polyacrylsäure) mit der Substanz / den Substanzen, die das Gelli Baff verflüssigen.



Aufgabe

VERGLEICHE!

Der Stoff aus dem Gelli Baff besteht wird auch als Polyelektrolyt bezeichnet. Finde heraus, was das bedeutet und welcher Unterschied zum Begriff Polymer besteht.

Superabsorbierende Polyelektrolyte werden auch in kosmetischen Produkten, wie Haargels oder in manchen Zahnpasten, verwendet. Du kannst untersuchen, ob sich diese Produkte genauso wie das Gelli Baff verhalten oder was die Unterschiede sind.

Superabsorber werden auch beim Brandschutz verwendet. Du kannst testen, ob das Gelli Baff entflammbar ist oder nicht.

Du kannst das Gelli Baff mit Windeln vergleichen und herausfinden, welches Produkt mehr Wasser aufnehmen kann. Führe das Experiment auf jeden Fall auch mit Salzwasser durch.

Versuche herauszufinden, was das zweite Pulver in der originalen Gelli Baff Verpackung beinhaltet.

Evaluate

Aufgabe

WAS FUNKTIONIERT AM BESTEN?

Entwirf eine Produktwerbung, zum Beispiel, einen Superabsorber für Windeln oder kosmetische Produkte. Begründe, warum dein Produkt das Beste auf dem Markt ist. Verwende dein Wissen über Polymere / Polyelektrolyte und Gleichgewichtsreaktionen.



Bildauelle: www.igeschenke.de/de/gelli-baff

TEmi

NAME: DATUM:

Der (un)zuverlässige Indikator

Im Wort Indikator steckt das lateinische Wort "indicare", zu Deutsch "anzeigen". Allgemein geben Indikatoren Hinweise auf einen bestimmten Sachverhalt. In der Fachsprache der Chemie versteht man unter einem Indikator einen Stoff, dessen Farbe beziehungsweise Farbänderung bestimmte Informationen liefert. Besonders häufig werden sogenannte Säure-Base-Indikatoren verwendet. Sie dienen zur Bestimmung des pH-Werts einer wässrigen Lösung.

Aufgabe pH-Bestimmung mit Hilfe von Universalindikator-Papier oder Universalindikator Lösung

- a) Es stehen folgende verdünnte Lösungen (Konzentration ca. 0,1 mol/L) zur Verfügung: Salzsäure HCl(aq), Natronlauge NaOH(aq), Essigsäure CH₃COOH(aq), Ammoniaklösung NH3(aq), Leitungswasser und deionisiertes Wasser.
 - b) Lege in sechs Mulden einer Tüpfelplatte je ein konfettigroßes (= quadratisches) Stückchen Universalindikator-Papier oder gib einen Tropfen Universalindikator-Lösung hinein.
 - c) Tropfe (mit Hilfe eines sauberen Glasstabs) je einen Tropfen der zu untersuchenden Lösung darauf.
 - d) Bestimme mit Hilfe der dazugehörigen Farbskala den pH-Wert der Lösungen und notiere ihn.
 - e) Verwende zur genaueren Unterscheidung von Leitungswasser und deionisiertem Wasser Spezialindikatorpapier oder ein pH-Meter.

Aufgabe Kennenlernen verschiedener Säure-Base-Indikatoren

a) Reihe die sechs Lösungen aus Aufgabe 1 nach steigendem pH-Wert und trage deine Ergebnisse in die ersten vier Zeilen der Tabelle ein.

		ightarrow Proben nach steigendem pH-Wert (vgl. Aufgabe1) $ ightarrow$			
1	Name der Probe				
2	Formel				
3	Farbe des Universalindikators				
4	pH-Wert				
5	Farbe mit Methylorange				
6	Farbe mit Bromthymolblau				
7	Farbe mit Phenolphthalein				
8	Farbe des Rotkrautauszugs				

- b) Tropfe von den sechs zu untersuchenden Lösungen 4-mal je ein bis zwei Tropfen untereinander (senkrecht) auf vier Felder eines Tüpfelrasters oder in die Mulden einer Tüpfelplatte. Beginne dabei mit der Probe mit dem niedrigsten pH-Wert und halte die Reihenfolge entsprechend deiner begonnenen Tabelle ein. (In einer Spalte sind dann also 4-mal ein bis zwei Tropfen derselben Probe.)
- c) Tropfe zu den sechs Proben in der ersten Zeile je einen Tropfen Methylorange, in der zweiten Zeile einen Tropfen Bromthymolblau, in der dritten Zeile einen Tropfen Phenolphthalein und in der vierten Zeile zwei Tropfen Rotkrautauszug zu.
- d) Trage deine Beobachtung farbig in die fünfte bis achte Zeile der Tabelle ein.

2

NAME: DATUM:

Der (un)zuverlässige Indikator

Aufgabe Unterschiede zwischen Säure-Base-Indikatoren festhalten

- 2 Beantworte folgenden Fragen, indem du die Ergebnisse der Aufgabe 2 (Tabelle) auswertest:
 - In welchen Punkten unterscheiden sich die verwendeten Indikatoren?
 - Methylorange, Bromthymolblau und Phenolphthalein sind Reinstoffe.
 Welcher dieser drei Indikatoren eignet sich, um allgemein zwischen sauren und basischen Lösungen zu unterschieden?
 - Welchen dieser drei Indikatoren wählst du, wenn du stark saure von schwach sauren Lösungen unterscheiden willst?
 - Angenommen eine Lösung wurde mit Phenolphthalein versetzt und ist dabei farblos geblieben. Was kannst du daraus schließen?
 - Wie erklärst du dir, dass Bromthymolblau neutrale Lösungen grün (und nicht etwa rot) färbt?
 - Universalindikatoren enthalten Mischungen verschiedener Indikatorfarbstoffe. Erkläre, warum sie so viele verschiedene Farben annehmen können.

Grobe pH-Wert-Bestimmung von Lösungen von Stoffen des alltäglichen Lebens

Aufgabe Grobe pH-Wert-Bestimmung von Lösungen von Stoffen des alltäglichen Lebens

a) Bestimme von mindestens drei der vorhandenen Stoffe des alltäglichen Lebens den pH-Wert ihrer Lösung. (Liegt der Stoff als Feststoff vor (z. B. Pulver), so löse davon zunächst eine Spatelspitze in 1-2 mL Wasser.)



- b) Verwende zur groben Bestimmung des pH-Werts zunächst die drei Einzelindikatorfarbstoffe (Bromthymolblau, Methylorange und Phenolphthalein).
 Was kannst du daraus schließen?
- c) Überprüfe deine Schlussfolgerung mit Hilfe des Universalindikatorpapiers und des Rotkrautauszugs.
- d) Gib an, ob die Lösungen stark oder schwach sauer bzw. basisch sind.

Aufgabe Dem Rätsel auf der Spur – Welchem der beiden Indikatoren kannst du trauen?

Versuche herauszufinden, weshalb bei Aufgabe 4 die Untersuchung des Kristallsalz-Deos scheinbar widersprüchliche Ergebnisse liefert.



Explore

Plane sinnvolle Experimente, führe sie durch und werte sie aus.

Zusätzlich zu den bereits verwendeten Substanzen stehen dir folgende Materialien zur Verfügung:

- Deodorants verschiedener Hersteller,
- · Verschiedene, häufig in Deodorants enthaltene Reinstoffe,
- · verschiedenen Blüten, verschiedene Beeren,
- Mörser + Pistill, Seesand,
- Trichter + Filterpapier,
- pH-Meter,
- ... Solltest du sonst noch etwas brauchen, wende dich an deine Lehrerin / deinen Lehrer.

Aufgabe Welche Erfahrungen hast du heute im Zuge des Experimentierens gemacht? Welche Erkenntnisse hast du gewonnen?

Besprich mit deinen MitschülerInnen, was von dem, was ihr gelernt habt, für euch heute besonders wichtig war.





Magischer Sand



Sand ist ein alltäglicher Stoff, den wir meistens schon seit unserer Kindheit kennen. Ein Großteil des Sandes besteht aus kleinen Ouarzkörnchen. Im Sandkasten und am Meer kann man damit einfache Sandkuchen aber auch kunstvolle Sandburgen bauen.

Heute wirst du erleben, dass Sand nicht immer gleich Sand ist und in diesem Zusammenhang einige Überraschungen erleben.

Viel Spaß beim Erforschen!





Aufgabe Sand, Wasser und Sandkuchenformen stehen schon bereit.

- Wer baut innerhalb von drei Minuten den perfekten Sandkuchen?
- 2 Gelang es allen Mitschülerinnen und Mitschülern in deiner Gruppe einen perfekten Sandkuchen zu bauen? Falls nein, welche Probleme gab es? Diskutiert diese in der Gruppe und notiert eure Beobachtungen! Wenn ihr bereits Vermutungen habt, wie dieses Phänomen zu erklären ist, vermerkt diese ebenfalls.

Explore

Aufgabe

Überlege dir, wie du mehr über den seltsamen Sand herausfinden kannst! Du kannst dich auch von den zur Verfügung stehenden Versuchsmaterialien auf dem Materialtisch inspirieren lassen.



Explain

2 Erforsche das Verhalten des Sandes mit Wasser, Spiritus, Öl, Essig, ... Du darfst alle Materialien verwenden, die auf dem Materialtisch zur Verfügung stehen.

Aufgabe Erkläre die Begriffe "hydrophil" und "hydrophob".

"Amphiphil" bedeutet, dass eine Substanz sowohl hydrophil als auch hydrophob ist. Dies beruht darauf, dass die Moleküle sowohl hydrophile als auch hydrophobe Bereiche aufweisen. Ordne den folgenden Substanzen jeweils eine der drei Eigenschaften

(hydrophil, hydrophob, amphiphil) zu und begründe deine Entscheidung:

(, a op,, a opoz, ap	, _a ana bogram	 	
Wasser	Spiritus	 normaler Sand 	_
• Öl	Seife / Spülmittel	 magischer Sand 	
■ Feeig			

- 2 Versuche eine Erklärung für das Verhalten des Sandes bei Kontakt mit Wasser zu finden. Schreibe die Erklärung auf und diskutiere sie mit den anderen Mitgliedern deiner Gruppe. Was spricht für, was gegen die Erklärung?
- 3 Warum verhält sich der Sand in Seifen-/ Spülmittelwasser oder in Öl anders als in reinem Wasser?

Extend

Aufgabe Ist magischer Sand nur ein Spielzeug? Was sind die Vorteile des magischen Sandes im Vergleich zu normalem Sand? Welche Anwendungsmöglichkeiten kannst du dir für den magischen Sand vorstellen? Stellt zunächst eigene Überlegungen an, bevor ihr dazu im Internet genauer recherchiert! Fasst eure Ergebnisse kurz zusammen!

Aufgabe Ihr habt nun Erklärungen für das Verhalten des Sandes gefunden. Überlegt, wie es gelingen könnte, selbst magischen Sand aus normalem Sand herzustellen.

Recherchiert anschließend im Internet, um eure Vermutungen zu bestätigen! Fasst eure Ergebnisse in einem kurzen Text zusammen!

Bildquelle - Sandburg: www.freshdads.com/magazin/kunstwerke-aus-sand-sandburgen-sandskulpturen

Chemisches Gewichtheben



Heute wirst du Zeuge bzw. Zeugin eines spannenden Phänomens. das dir deine Lehrkraft vorführen wird. Wie gelingt dieser Effekt?

Beobachte das Experiment genau und erforsche das Mystery! Notiere all deine Fragen, Beobachtungen, Ideen, Vorgehensweisen und Ergebnisse!

Aufgabe Verfolge das gezeigte Experiment genau! Notiere deine Beobachtungen und den Ablauf des Versuchs genau! Welche Fragen ergeben sich aus deinen Beobachtungen?



Explore

Aufgabe Hast du bereits Vermutungen, wie dieser Effekt zustande kommt? Diskutiert diese in der Gruppe! Entscheidet euch für eine Hypothese und notiert sie in eurem Protokoll!



Auf dem Materialtisch findet ihr verschiedene Substanzen und Materialien. Plant in der Gruppe ein Experiment zur Bearbeitung der Fragestellung. Verwendet dazu das Planungsraster. Bevor ihr mit der Durchführung beginnt, zeigt die Versuchsplanung eurer Lehrkraft!

Führt euren Versuch anschließend durch.

Notiere deine Beobachtungen!

Explain

- Aufgabe Wie ist der Effekt beim einführenden Demonstrationsexperiment zustande gekommen?
 - 1 Formuliert eine möglichst genaue Erklärung!
 - Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit der Versuch gelingt?



Aufgabe Versuche mit folgenden dir zur Verfügung stehenden Mitteln,

- eine möglichst tiefe Temperatur zu erreichen: Natriumchlorid, Eis, Wasser, Ammoniumnitrat, Kaliumchlorid, Calciumchlorid-Hexahydrat.
 - Dokumentiere dabei die gemessenen Temperaturen, die gewählten Mengen, deine Vorgehensweise und deine Beobachtungen.
- Wie wird der Kühleffekt in Kältepackungen erzielt? Welche Inhaltsstoffe werden verwendet? Eine Kältepackung zum Ausprobieren liegt bereit!
- Wie schwer darf ein Gegenstand sein, damit du ihn noch anheben kannst?

Evaluate

Aufgabe

Könnte der Effekt in den Kältepackungen auch mit anderen Chemikalien erreicht werden? Wenn ja, mit welchen zum Beispiel?

Welche Überlegungen könnten bei der Wahl der Inhaltsstoffe der Kältepackungen eine Rolle spielen?



TEmi

NAME: DATUM:

TEmi Planungsraster LEVEL 2

Mystery:	
Fragestellung:	
Was vermuten wir?	
Wie gehen wir vor?	
Wie gehen wir vor? (erste Ideen)	
Welche Stoffe & Materialien	
brauchen wir?	
Versuchsaufbau: (Ski	izze oder Beschriftung)
	1.
Konkrete erste Schritte:	2.
	3.
Wobei brauchen wir Hilfe?	
Anmerkungen	



Gelli Baff® – Superabsorber, der wieder flüssig wird

Simone ABELS
Anja LEMBENS

Gelli Baff® oder auch Glibbi nennt sich ein Superabsorber, der in verschiedenen Farben als Badezusatz verkauft wird. Mit diesem kristallinen Pulver, das in Verbindung mit Wasser zu einer geleeartigen Masse aufquillt, lässt sich aber nicht nur in der Badewanne spielen, es eignet sich auch hervorragend zum Experimentieren. Insbesondere das zähe Hydrogel flüssig zu machen, damit man es wieder aus der Badewanne herausbekommt, ist eine spannende Aufgabe für SchülerInnen.

Die Darstellung, die wir für die Gestaltung dieses Mysteries vorschlagen, ist die Präsentation des Phänomens über einen Materialtisch (Abb. 1) in Verbindung mit einem kurzen sprachlichen Impuls.

Klassenstufe	auf Phänomenebene für SchülerInnen jeglichen Alters, auf Teilchenebene ab Klasse 7 (11. Schulstufe)
Handlungsdimension	Fokus auf Erkenntnisse gewinnen, insbesondere E2 und E3, aber auch W1 und W2
Lehrplanbezug	Fokus auf Aufbauprinzipien der Materie (C1) und Grundmuster chemischer Reaktionen (C3): Polymere, Polyelektrolyte, Polymerisation, Gleichgewichtsreaktion, Salze
Alltagsbezug	Polyelektrolyte werden häufig in Alltagsprodukten gebraucht, z.B. in Windeln oder in Kosmetikprodukten wie Haargel, sie werden auch im Brandschutz zur Verhinderung von Kabelbränden eingesetzt, zur Treibstofffiltration oder Wasseraufbereitung

Die Engage-Phase

Die Geschwister Sarah und Philip haben den ganzen Nachmittag im



badet. Nun ist es genug und sie wollen die Badewanne wieder sauber machen.

Aber wie? Das sist viel zu dickflüssig für den Abfluss.



Abb. 1: Materialtisch zum Mystery "Gelli Baff"

Benötigtes Material für den Materialtisch:

1 Packung Gelli Baff (bestellbar bei Amazon oder beim Müller zu kaufen), große Wanne (10-20 L), Wasser, ungefärbter Superabsorber (erhältlich im VCÖ-Shop), Windeln (Pampers funktionieren am besten), Plastiksackerl zum Ausschütteln des Superabsorbers, Haargel, Zahnpasta, Kochsalz, Meersalz, Natriumhydrogencarbonat (Soda), Haushaltsessig, Zitronensaft, Haushaltszucker, Puderzucker, Messzylinder, Messbecher, Waage, Rührstäbe, Spatel, Bechergläser oder kleine Plastikschüsseln (erweiterbar)

Vorbereitung:

Das farbige Pulver in eine große Wanne mit Wasser schütten, umrühren und ein paar Minuten warten. Es bildet sich eine geleeartige Masse. Die SchülerInnen können in dieser Phase schon erste Beobachtungen anstellen. Die Wartezeit kann auch genutzt werden, um die Problemstellung zu benennen: Wie kommt das Gelli Baff wieder durch den Abfluss? HINWEIS: Für einige SchülerInnen könnte es überhaupt schon ein Mystery sein, dass ein Pulver in Wasser zu einem zähen Gel aufquillt, anstatt eine flüssige Lösung zu bilden. Auch dies kann als Anlass genutzt werden, um die unterschiedlichen Eigenschaften von gleich aussehenden Stoffen zu erkunden (z. B. farbiges Badesalz und Gelli Baff, Haushaltszucker und ungefärbter Superabsorber).

Sicherheitshinweise:

Gelli Baff nicht essen!

Die SchülerInnen sollen nach der Präsentation des Phänomens, des Materialtisches und der Benennung der Problemstellung erste Vermutungen aufstellen, wie das Gelli Baff wieder flüssig werden könnte. Dabei sollen die SchülerInnen auf ihr Vorwissen, wenn vorhanden, zurückgreifen. Sie können beispielsweise bereits bearbeitete Arbeitsblätter zu dem Thema nutzen. Als weitere Hilfe können Satzanfänge (Ich vermute, dass ... oder auch: Ich vermute, dass das gelöste Gelli Baff durch die Zugabe von ... flüssig wird.) oder vorgegebene Wörter, die in der Formulierung vorkommen sollen, dienen.

Evaluate 1:

Anhand der Formulierungen der Vermutungen ist erkennbar, inwiefern die SchülerInnen zu diesem Thema bereits über Vorwissen verfügen und dieses mit der Problemstellung in Verbindung bringen können.

Das Mystery "Gelli Baff" ist in diesem Beispiel auf **Inquiry Level 2** angelegt, d. h., die SchülerInnen bekommen eine Frage vorgegeben, erhalten aber keine Anleitung zur Versuchsdurchführung, sondern planen selbst Experimente und führen diese durch.

Die Explore-Phase

Fragestellung:

Wie wird das Gelli Baff wieder flüssig?

In dieser Phase können die SchülerInnen in Kleingruppen nach einem Versuch-Irrtum-Prinzip die Materialien ausprobieren. Dies sollte zu einer hohen Motivation beitragen. In Richtung Forschendes Lernen lassen sich Kompetenzen weiterentwickeln, wenn die SchülerInnen zunächst stimmig zu ihren Vermutungen Experimente planen und diese dann gezielt durchführen. Unterstützend können ein Planungsraster (s. S. 28) oder Leitfragen zur Verfügung gestellt werden. Es wird deutlich, dass es nicht den einen Weg oder das eine richtige Ergebnis gibt, was auch für die Ergebnisinterpretation und -präsentation spannend ist. Die verschiedenen Vorgehensweisen sollten sichtbar gemacht und verglichen werden.

Evaluate 2:

In der Explore-Phase kann beobachtet werden, welche Kompetenzen die SchülerInnen bereits bezüglich Teamarbeit und in der Handlungsdimension "Erkenntnisse gewinnen" aufweisen und welche es noch zu entwickeln gilt. Hier stehen insbesondere die Kompetenzen "Vermutungen aufstellen, Versuche planen und durchführen sowie systematisch dokumentieren" im Vordergrund. Es wird auch sichtbar, ob die Lernenden systematisch Variablen verändern oder konstant halten, um zu Erkenntnissen zu kommen. Protokolle und Gespräche während der Lernbegleitung mit den Kleingruppen können hierüber ebenfalls Aufschluss geben.

Die Explain-Phase

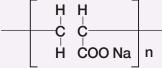
Für jüngere SchülerInnen kann als Erklärungsansatz reichen, die Stoffe, die das gewünschte Ergebnis bringen, in Gruppen einzuteilen (Natriumsalze und saure Lösungen funktionieren, Zucker und basische Lösungen nicht) und diese Stoffgruppen auf weitere verschiedene Eigenschaften hin zu untersuchen.

Damit erfahrenere SchülerInnen zu einer Erklärung der bisher angestellten Beobachtungen kommen, bietet es sich an, eine Animation zu zeigen (z. B. http://www.chempage.de/versuche/OC/OC%20007/superabsorber.html [02.02.2015]) und/oder einen Input zur Molekülstruktur und der zugrunde liegenden Gleichgewichtsreaktion zu geben. Wird nur erklärt, warum das Gelli Baff aufquillt, müssen die SchülerInnen versuchen, auf Basis der Informationen selbst zu einer Erklärung der Rückreaktion zu kommen.

Evaluate 3:

In der Explain-Phase wird deutlich, wie gut die SchülerInnen die fachlichen Konzepte auf beobachtete Phänomene rückbeziehen können. Können Zusammenhänge hergestellt werden, können Informationen zur Molekülstruktur, Funktion von Polyelektrolyten, Gleichgewichtsreaktion etc. in Bezug zu den gemachten Beobachtungen gesetzt werden? Welche Fachbegriffe werden benutzt?

Fachliche Klärung:



Der Hauptbestandteil von Gelli Baff und Superabsorbern generell ist das Natriumsalz der Polyacrylsäure, ein Polyelektrolyt, das die Eigenschaften eines Polymers und eines Elektrolyts vereint. Kommt diese Polyelektrolyt in Kontakt mit Wasser, ist das Natrium bestrebt, sich zu gleichen Teilen in der Polymerverbindung und im Lösungsmittel zu verteilen. Wassermoleküle lagern sich an den Natriumionen an und hydratisieren diese. Die zuvor durch die Natriumionen abgeschirmten, negativ geladenen Carboxylat-Gruppen stoßen sich aufgrund ihrer negativen Ladung immer stärker voneinander ab und benötigen so mehr Raum. Der Polyelektrolyt nimmt deshalb eine gestreckte Form ein. So können sich die Wassermoleküle besonders gut um die Ionen gruppieren und ihre Lage durch Wechselwirkungen wie Wasserstoffbrücken stabilisieren. Durch intermolekulare Vernetzungen wird verhindert, dass sich die Carboxylat-Gruppen zu weit voneinander entfernen bzw. lösen. Das Makromolekül guillt auf, d. h. die Viskosität nimm zu. Das Natriumsalz der Polyacrylsäure kann das 800-fache seines Gewichts in destilliertem Wasser absorbieren, in Leitungswasser aber nur das 300-fache, weil dieses bereits Natrium, Calcium und andere mineralische Salze beinhaltet. Gibt man Natriumchlorid zu, so werden die Ladungen der Carboxylat-Gruppe durch die Natriumionen ausgeglichen. Die elektrostatische Abstoßung der Polymerketten untereinander wird geringer und somit auch das Bestreben des Gels, weiter Flüssigkeit aufzunehmen. Die gestreckten Moleküle verknäulen sich wieder, das Gel wird flüssig. Das Verknäulen von schwachen Polyelektrolyten, wie der Polyacrylsäure, lässt sich auch durch den pH-Wert

kontrollieren. In wässriger Lösung entsteht bei der Reaktion der Polyacrylsäure mit Wasser auch Hydroxidionen, wodurch das gelöste Gelli Baff basisch reagiert, was mit pH-Indikatoren gezeigt werden kann. Durch Zugabe von sauren Lösungen und damit einer Verringerung des pH-Werts stellt sich die verknäulte Struktur wieder ein.

Die Extend-Phase

Je nach Vorwissen, Interesse oder ausgewähltem thematischen Schwerpunkt sind unterschiedliche Erweiterungen und Vertiefungen dieses Mysteries denkbar. Abhängig davon, was bereits im Vorfeld zum Mystery besprochen oder vielleicht auch bewusst offen gehalten wurde, könnten sich folgende Fragestellungen zur Vertiefung eignen.

- Was ist das ominöse zweite
 Pulver in der Gelli Baff-Packung?
- Superabsorber werden auch in Kosmetikprodukten verwendet. Überprüfe, ob Haargel oder Zahnpasta sich genau so verhalten wie das Gelli Baff.

- Superabsorber werden zum
 Brandschutz eingesetzt. Teste in einer Porzellanschale, ob Gelli Baff brennt.
- Enthalten Windeln den gleichen Superabsorber? Lässt sich dieser auch wieder verflüssigen?
- Wie viel Wasser kann das Gelli Baff aufnehmen? Vergleiche mit dem Superabsorber in der Windel. Wie verhalten sich die Superabsorber bei der Zugabe von Salzwasser?
- Gelli Baff ist leicht basisch. Ist es gefährlich darin zu baden?

Evaluate 4:

Hier zeigt sich, ob die SchülerInnen das gewonnene Wissen selbständig anwenden und weiterführende oder Transferaufgaben bearbeiten können. Die SchülerInnen könnten auch auf Basis ihres Wissens über Polyelektrolyte und Gleichgewichtsreaktionen eine Werbung für ein Produkt entwerfen, das Superabsorber enthält.

TIPPS ZUM WEITERLESEN UND INFORMIEREN:

Praxis der Naturwissenschaften Chemie, Heft 4/49, Jg. 2000

Eck, H. (2011). Von Waldbränden, Polymeren und der Chemie der Babywindeln. http://static. uni-graz.at/fileadmin/nawi-institute/Chemie/RFDZ__alt_/Bilder/veranstaltungen/Superabsorber__Automatisch_gespeichert_Schreibgeschützt_.pdf [02.02.2015]

 $\textit{Mit FAVOR} \, @-Superabsorbern \ experimentieren.$

http://www.superabsorber.de/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/Superabsorber/de/ Schulbroschuere_FAVOR.pdf [15.04.2014]

BILDQUELLEN:

Gelli Baff: http://ecx.images-amazon.com/images/I/51AKvcubTFL.jpg [02.02.2015]

Der (un)zuverlässige Indikator – vom klassischen Schulversuch zum Mystery

Rosina STEININGER Simone ABELS Anja LEMBENS

> V Zu den in der Schule häufig verwendeten Säure-Base-Indikatoren zählen zum einen Universalindikator-Papier oder -Lösung und zum anderen wässriger Rotkrautauszug. Universalindikator-Papiere und -Lösungen haben den Vorteil, haltbar und damit jederzeit verfügbar zu sein. Frisches Rotkraut hingegen ist nicht ganzjährig erhältlich und sein Auszug verdirbt rasch. Es besticht jedoch durch seinen Alltagsbezug: SchülerInnen (und auch Erwachsene) sind immer wieder erstaunt, dass das Kochwasser dieses gewöhnlichen Gemüses genutzt werden kann, um eine derart attraktive Farbpalette zu erzeugen und damit den pH-Wert einer Lösung grob zu bestimmen.

Bei der Bestimmung des pH-Werts unbekannter Proben mit Hilfe einer Universalindikator-Lösung und mit krautauszug, fallen die unterschiedlichen Farben der Lösungen auf (z. B. Unisol 113 hellgrün, Rotkrautauszug blauviolett für die gleiche Probe). Vergleicht man die Ergebnisse mit den jeweiligen Farbpaletten, so kommt man in beiden Fällen zu einem ähnlichen Wert (pH 7; Abb. 1). Nicht so, wenn die Probelösung kleine Mengen eines Kristallsalz-Deos enthält. Unisol 113 färbt die Lösung orange, was auf einen pH-Bereich von 4 schließen lässt. Da die Wirkung von Deodorants unter anderem darauf beruht, dass der pH-Wert der Haut abgesenkt wird, um die bakterielle Besiedelung zu verringern, ist dieses Ergebnis nachvollziehKlassenstufe ab 7. Klasse (11. Schulstufe) und für das Wahlpflichtfach

Handlungsdimension Fokus auf Erkenntnisse gewinnen (EO 1, EO 2, EO 3, EO 6, KO 3)¹

Lehrplanbezug Fokus auf Grundmuster chemischer Reaktionen:
Protolysegleichgewichte, Komplexbildung, Farbstoffe;
fachübergreifend Biologie: Einfluss der Bodenzusammensetzung auf die Blütenfarbe von Hortensien

Alltagsbezug Pflanzenfarbstoffe als natürliche Säure-Base-Indikatoren und Lebensmittelfarbstoffe, Aluminiumsalze in Kristall-Deos, Beizfärbung von Textilien mit Naturfarbstoffen

1 Das "O" in den Deskriptoren steht für Oberstufe im entsprechenden Kompetenzmodell (https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfch_22323.pdf?4k21fr)



Abb. 1: Pufferlösungen von pH 1 bis 12 versetzt mit Universalindikator-Lösung (Unisol 113) (oben) und Rotkrautauszug (unten); eigene Abbildung

bar. Der Rotkrautauszug hingegen nimmt wider Erwarten eine dunkelblau/violette Farbe an, was vermuten lässt, die Lösung sei basisch (Abbildung 2).

Abb. 2: Stark verdünnte wässrige Lösung von Kristallsalz-Deo mit Universalindikator-Lösung (Unisol 113) (links) und Rotkrautauszug (rechts); eigene Abbildung



Dieses zunächst widersprüchlich erscheinende Ergebnis ist darauf zurückzuführen, dass die im Kristall-Deo enthaltenen Aluminium-Ionen mit den Anthocyanidin-Molekülen im Rotkraut-Auszug einen intensiv blau-violett gefärbten Komplex bilden.

In der Regel bringen SchülerInnen der Oberstufe Vorkenntnisse zum Thema Säure-Base-Indikatoren aus dem Unterricht der Unterstufe mit. Oft haben sie jedoch in der vierten Klasse nur einen Universalindikator (als Papier oder Lösung) kennengelernt und sind der Meinung, mit einem Indikator könne man den pH-Wert "messen".

Vom klassischen Schulversuch zum Mystery

In dieser Einstiegsphase (siehe Aufgabe 1 am Arbeitsblatt in der Heftmitte) wiederholen die SchülerInnen den Umgang mit Universalindikator-Papier oder -Lösung. Dabei erfahren sie, dass der Vergleich mit der Farbskala keine genaue Bestimmung des pH-Wertes zulässt. Außerdem wird offenkundig (oder lässt sich wiederholen), dass der pH-Wert nicht nur von der Konzentration der Lösung, sondern auch der Stärke der darin enthaltenen Säure bzw. Base abhängt. Überrascht sind viele SchülerInnen von der Tatsache, dass Leitungswasser und deionisiertes Wasser unterschiedliche pH-Werte aufweisen, dass also Wasser nicht automatisch den pH-Wert 7 hat. Leitungswasser ist oft aufgrund der darin gelösten Salze schwach basisch, wohingegen deionisiertes Wasser in der Regel schwach sauer ist. Letzteres ist darauf zurückzuführen, dass geringe Mengen Kohlenstoffdioxid darin gelöst sind. Bei der genaueren Unterscheidung der beiden Wasserproben mittels Spezialindikatorpapier oder pH-Meter erweitern die SchülerInnen bereits ihr Wissen.

Im nächsten Schritt (siehe Aufgabe 2 am Arbeitsblatt) lernen die SchülerInnen weitere Säure-Base-Indikatoren kennen. Sie sollen dabei entdecken, dass Einzel-Indikatorfarbstoffe wie Methlyorange und Phenolphthalein (in der Regel) nur zwei Farben (und die Mischfarbe) annehmen können, und dass ihr Umschlagbereich bei unterschiedlichen pH-Werten liegt. Dass Rotkrautauszug je nach pH-Wert einer Lösung die gesamte Farbpalette aufweist, ist für viele SchülerInnen und so manchen Erwachsenen (immer wieder) ein kleines Mystery. Erstaunlich ist so-

wohl die Farbenpracht als auch, dass sie sich auf so einfache Weise erzeugen lässt. Alles andere als einfach ist die fachliche Erklärung dieses Phänomens. Es handelt sich nämlich nicht wie bei Universalindikatoren um eine Mischung verschiedener Einzel-Indikatorfarbstoffe, sondern um den Pflanzenfarbstoff Cyanidin aus der Gruppe der Anthocyane. Cyanidin kann stufenweise mehrere Protonen abgeben, bis das Molekül in stark basischer Lösung irreversibel verändert wird (siehe fachliche Klärung am Ende des Artikels). Mit Hilfe von Leitfragen werden die SchülerInnen unterstützt, ihre Beobachtungen aus Aufgabe 2 zu deuten (vgl. Aufgabe 3 am Arbeitsblatt).

Evaluate:

Während dieser Phase wird deutlich, ob die SchülerInnen erkannt haben, dass sich mit einem Einzel-Indikatorfarbstoff nur feststellen lässt, ob der pH-Wert der Lösung über oder unter (in Ausnahmefällen bei) dessen Äquivalenzpunkt liegt. Aussagen wie "Mit einem Indikator kann man den pH-Wert messen", sollten als unangemessen erkannt worden sein. Das gleiche gilt für Sätze wie "Mit einem Indikator kann man feststellen, ob eine Lösung sauer oder basisch ist", gilt selbiges doch nur für Bromthymolblau (und Lackmus).

Die Engage-Phase

Durch die nun folgenden Versuche sollen die SchülerInnen ein Mystery selbst entdecken. Sie erhalten die Aufgabe, Lösungen von Stoffen des alltäglichen Lebens zu untersuchen, einer davon ist ein Kristallsalz-Deo (siehe Aufgabe 4 am Arbeitsblatt). Wie zu Beginn des Artikels vorweggenommen, kommt es hier zu einem zunächst widersprüchlich erscheinenden Ergebnis, einem Mystery: Die Farbe, die der Universalindikator annimmt (orange), lässt darauf schließen, dass die Lösung mäßig sauer ist. Der Rotkrautauszug, der sich normalerweise im sauren Milieu rötlich färbt, zeigt jedoch eine intensiv blau-violette Farbe. Dieses Phänomen können die SchülerInnen mit dem bis jetzt erworbenen Wissen nicht erklären. Das Mystery löst bei ihnen einen kognitiven Konflikt aus.

In den Aufgaben 1 - 4 sind alle Schritte mit Ausnahme der Auswertung vorgegeben. Folglich entspricht das Beispiel bis zu dieser Stelle Inquiry Level 1. Es kann in dieser Form auch in (leistungsstarken) Unterstufen-Klassen eingesetzt werden. Für (versierte) OberstufenschülerInnen, egal ob im Regelunterricht oder Wahlpflichtfach, stellen Durchführung und Interpretation dieser Aufgaben in der Regel keine große Herausforderung dar. Die Phase dient dann hauptsächlich der Entdeckung des Mysteries. Ab Aufgabe 5 ist nur noch die Fragestellung vorgegeben und somit entspricht die folgende Explore-Phase Inquiry Level 2.

Die Explore-Phase

Aufgabe 5 (s. Arbeitsblatt) lädt die SchülerInnen ein, dem Rätsel auf die Spur zu gehen, es zu erforschen und so den kognitiven Konflikt zu lösen. Diese Aufgabe entspricht nun **Inquiry Level 2**. Einzig und allein die Frage ist vorgegeben: "Welchem der beiden Indikatoren können wir trauen?". Zu ihrer Beantwortung ist es hilfreich, das Problem in Unterfragen zu gliedern. Ein Katalog derartiger Unterfragen könnte folgende Fragen enthalten:

- Welche Ergebnisse liefern anderen Indikatoren mit der Lösung des Kristallsalz-Deos? Was zeigt das pH-Meter?
- Liefern anderer Deodorants ebenfalls widersprüchliche Ergebnisse mit Universalindikatoren und Rotkrautauszug?
- Welche Stoffe sind im Kristallsalz-Deo enthalten? Wie reagieren die Indikatoren auf die entsprechenden Reinstoffe?
- Zeigen auch anderer natürliche Blüten- oder Blattfarbstoffe ähnliche Phänomene?

Durch die bereitgestellten Materialien (Deodorant mit und ohne Aluminiumsalzen, Alaun als Reinstoff, andere Aluminium- und Eisen-III-Salze, Blüten von Rittersporn, roten Rosen, Hortensien, Kornblumen, Brombeeren, Sauerkirschen, Heidelbeeren, ...) erhalten die SchülerInnen bereits eine Vielzahl von Anregungen, die ihnen helfen, derartige Fragen

selbst zu formulieren. Sollte es notwendig sein, so kann aber auch die Lehrerin / der Lehrer die eine oder andere dieser Fragen im Gespräch mit SchülerInnen einfließen lassen.

Die Explain-Phase

Die Ergebnisse aus Aufgabe 5 sollten aus mehreren Gründen im Anschluss an die Explore-Phase im Plenum besprochen werden. Die fachliche Klärung (s. u.) ist anspruchsvoll und erfordert einen Input von Seiten der Lehrperson.

Die Extend-Phase

Im Zuge dieses Mysterys kann mit den SchülerInnen das Säure-Base-Konzept und das Funktionsprinzip von Indikatoren ausgeschärft sowie das Thema Komplexbildung wiederholt oder erarbeitet werden. Außerdem sollen die SchülerInnen erfahren, dass dieses Phänomen beim Färben von Textilien mit Beizenfarbstoffen eine Rolle spielt und dafür mitverantwortlich ist, ob Hortensien rötlich oder bläulich blühen. Zum anderen eignet sich das Beispiel, um mit den SchülerInnen zu reflektieren, wie NaturwissenschaftlerInnen arbeiten.

Die Evaluate-Phase

Das Fachwissen, das zur detaillierten Erklärung des Mysterys notwendig ist, geht über das Anforderungsniveau des Regelunterrichts hinaus und sollte deshalb nicht in Zentrum stehen. Vielmehr bietet diese Experimentierserie die Möglichkeit, fachliche Grundlagen zu wiederholen sowie Grundzüge des naturwissenschaftlichen Arbeitens erfahrbar zu machen und im Anschluss daran zu diskutieren. Im Zentrum könnte eine Diskussion um die Wahl von angemessenen Messmethoden und die Bedeutung einer gesunden Skepsis bei der Interpretation von Messergebnissen stehen. Die Beobachtungen in Aufgabe 4 scheinen bei der Verwendung von Kristallsalz-Deo zunächst unerklärlich, da ihre naheliegende Interpretation zu widersprüchlichen Ergebnissen führt. Genau diese Art von Mystery erzeugt bei SchülerInnen wie ForscherInnen Neugierde und Erkenntnisinteresse. Es bringt sie

dazu, Fragen zu stellen, die sie dann mit Hilfe experimenteller Untersuchungen zu beantworten versuchen. Häufig entspringen dabei jeder geklärten Frage mehrere neue. Sich auf Fragen einzulassen, sie überhaupt erst zuzulassen und dann selektiv zu wählen, welchen man im Detail nachgehen möchte, ist eine fundamentale Voraussetzung für wissenschaftliches Arbeiten und auch für das Schreiben einer "Vorwissenschaftlichen Arbeit" (VWA). Außerdem lässt sich das Beispiel nützen, um zu zeigen, dass experimentelle Ergebnisse stets interpretiert wer-

den müssen und dass diese Interpretation ebenso fehleranfällig ist, wie die Durchführung eines Experiments selbst. Um die Aussagekraft eines Befundes zu erhöhen, ist es ratsam, unterschiedliche Bestimmungsmethoden heranzuziehen, sofern das möglich ist. Voreilige Schlussfolgerungen können auf diese Weise vermieden werden. Im Kompetenzmodell für die Oberstufe heißt es dazu: "Ich kann einzeln oder im Team konkurrierende Interpretationsmöglichkeiten gegeneinander abwägen und auf dieser Basis Entscheidungen treffen" (KO 3).

Fachliche Klärung:

Säure-Base-Indikatoren sind Stoffe, deren Farbe sich bei der Aufnahme bzw. Abgabe eines Protons ändert. Sie sind selbst schwache Säuren oder Basen.

Die Stärke der Indikator-Säure (ihr pKS-Wert) bestimmt den Umschlagsbereich des Indikators. Beispielsweise ist Methylorange (pKS-Wert 3,7) eine stärkere Säure als Phenolphthalein (pKS-Wert 9,5) und ändert daher seine Farbe bereits im Sauren bei pH-Werten zwischen 3,2 und 4,4. Phenolphthalein hingegen schlägt erst in basischer Lösung bei pH 8,5-9,7 um. Entspricht der pH-Wert der Lösung genau dem pKs-Wert des Indikators, so liegen Indikator-Säure und -Base im Verhältnis 1:1 vor. Zu sehen ist dann die Mischfarbe.

Handelt es sich bei der Indikator-Säure um eine mehrprotonige Säure, die mehr als ein Proton abgeben kann, so gibt es mehrere Umschlagsbereiche. So ist Thymolblau in stark saurer Lösung rot, bei einem pH-Wert zwischen 3 und 9 gelb und darüber blau. Universalindikatoren sind Gemische von Einzelindikator-Farbstoffen mit unterschiedlichen Umschlagsbereichen.

Rotkraut enthält den Indikatorfarbstoff Cyanidin aus der Gruppe der Anthocyanidine (s. Abb. 3). Diese wasserlöslichen Pflanzenfarbstoffe sind in zahlreichen roten und blauen Blüten und Früchten enthalten.

Je nach pH-Wert der Lösung kann Cyanidin ein oder mehrere Protonen abgeben und verändert dabei mehrfach seine Farbe, sprich sein Absorptionsspektrum (vgl. Abb. 4).

Die Reaktion ist reversibel, solange der pH-Wert der Lösung nicht höher als 10 ist. In stark basischer Lösung hingegen kommt es zu einer irreversiblen Veränderung im Molekül. Das Grundgerüst des Ringsystems öffnet sich, das Absorptionsmaximum verschiebt sich in den kurzwelligeren Bereich, die Lösung färbt sich gelb (vgl. Abb. 5).

Abb. 3: Allgemeine Strukturformel der Anthocyane und Strukturformel von Cyanidin ($R_1=OH,\,R_2=H$); eigene Abbildung

Abb. 4: Struktur und Farbe von Cyanidin im sauren, neutralen und schwach basischen Milieu; eigene Abbildung

Abb. 5: Öffnung des Ringsystems von Cyanidin in stark basischer Lösung; eigene Abbildung

Kristallsalz-Deos bestehen hauptsächlich aus Aluminiumammoniumsulfat-Dodecahydrat NH₄Al(SO₄)₂•12 H₂O, dem sogenannten Ammoniumalaun. Es wirkt sauer, stark adstringierend und bakteriostatisch. Durch die Verengung der Poren der Haut tritt weniger Schweiß aus und dieser wird aufgrund der antibakteriellen Wirkung weniger rasch mikrobiell zersetzt.

Aluminiualaun reagiert in Wasser sauer, da zum einen die Ammoniumionen und zum anderen die in Wasser als Aluminium-Hexaaquakomplexe vorliegenden Aluminium-Ionen Protonen abgeben.

$$NH_{4}^{+}$$
 (aq) $+$ $H_{2}O$ $=$ NH_{3} $+$ $H_{3}O^{+}$ $[AI^{3}+(H_{2}O)_{6}]^{3}+$ $+$ $H_{2}O$ $=$ $[AI^{3}+(H_{2}O)_{5}OH]^{2}+$ $+$ $H_{3}O^{+}$

Die unerwartete Farbänderung des Rotkrautauszugs bei Zugabe von Kristallsalz-Deo rührt daher, dass neben der Protolysereaktion auch eine Komplexbildungsreaktion stattfindet. Cyanidin bildet mit den dreiwertigen Aluminium-Ionen (Al3+) des im Kristallsalz-Deos enthaltenen Alauns einen intensiv blau-violett gefärbten Chelatkomplex (siehe Abb. 6). Verwendet man anstelle von Aluminiumsalzen Eisen-(III)-Salze, so entsteht ein analoger Komplex, der allerding grün ist. Auch andere Anthocyane sind in der Lage derartige Komplexe zu bilden, allerdings nur, wenn zumindest einer der beiden Reste eine Hydroxyl-Gruppe ist, sodass am B-Ring zwei Hydroxyl-Gruppen in ortho-Stellung zu finden sind (vgl. Abb. 3).

Abb. 6: Chelatkomplex mit Al3+ als Zentralion und zwei Cyanidin-Molekülen als Liganden; eigene Abbildung

TIPPS ZUM WEITERLESEN UND INFORMIEREN:

- Haas, L. (2000). Anthocyane faszienierende Stationen in gekoppelten Biosynthesewegen. PdN-ChiS 7/49, 15-23.
- Heinzerling, P. (2006). Ohne Schweiß kein Preis - Ein Deo-Projekt. PdN-ChiS 6/55, 21-24.
- Wambach, H. & Hilgers, U. (Hrsg.) (2007). Materialien. Handbuch. Kursunterricht. Chemie. Band 10/11. Lernen im Kontext II (S. 105-109). Aulis Verlag, Köln.
- chemiefachberater.manos-dresden.de/ downloads/deokristall.pdf [25.02.2025]
- http://www.ag-chemieschulen.de/projektarbeit-naturstoffe-indikatoren.html [25.02.2015]
- http://www.chemieunterricht.de/dc2/phph/ fotom-tk-1.htm [25.02.2015]
- http://www.chemieunterricht.de/dc2/ tip/08_06.htm [25.02.2015]
- http://www.chemieunterricht.de/dc2/ tip/09_06.htm [25.02.2015]
- http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/ rotkohl.htm [25.02.2015]
- http://www.chempage.de/theorie/indikator. htm [25.02.2015]
- http://www.chf.de/eduthek/projektarbeit-naturstoffe-indikatoren.html [25.02.2015]
- http://www.chids.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/PDF/ V19.pdf [25.02.2015]
- http://www.liebfrauenschulevechta.de/ downloads/faecherchemierotkohltext2. pdf [25.02.2015]
- https://roempp.thieme.de/roempp4.0/do/ data/RD-01-02670 [25.02.2015]
- https://web.archive.org/ web/20090709083629/http://www. chemie.uni-regensburg.de/Organische_ Chemie/Didaktik/Keusch/p26 anth.htm [25.02.2015]
- https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/ ba/reifepruefung_ahs_lfch_22323. pdf?4k21fr [25.02.2015]

Magischer Sand

Anja LEMBENS Simone ABELS Katrin REITER

Dieses Mystery beschäftigt sich mit einem speziellen Sand, der trotz Kontakt mit Wasser trocken und rieselfähig bleibt.

Die SchülerInnen können dieses Mystery selbst in Schülerversuchen entdecken.

Klassenstufe	auf Phänomenebene für SchülerInnen ab Klasse 4, auf Teilchenebene ab Klasse 7 (11. Schulstufe)
Handlungsdimension	W1, W2, W3, W4, E1, E2, E3, E4, S1, S2, S4
Lehrplanbezug	Aufbauprinzip der Materie, Struktur-Wirkungsbeziehungen, Chemische Bindungen (C1), Eigenschaften von Substanzen und Stoffklassen, hydrophile und hydrophobe Stoffe (C2), Erwerb von chemischen Grundkenntnissen in praxisrelevanten Gebieten (C4)
Alltagsbezug	Lotus-Effekt, Nanotechnologien, zur Gestaltung künstlicher Teiche und Bachläufe, im Hochwasser- und Küstenschutz, zum Schutz für Telefon- und Stromkabel gegen Wasser- und Frostschäden, zur Adsorption von Öl,

Benötigtes Material:

Magischer Sand (z. B. bei Amazon oder http://www.wissenswertes.biz zu bestellen), Sandkastensand, Vogelsand, Dekosand, ..., Leitungswasser in Spritzflaschen, Becherglas (250 - 500 mL), kleine Sandkastenförmchen, kleine Kunststoffschnapsgläser, Kunststoffbrettchen oder Teller, Löffel

Die Engage-Phase

Jeder Schüler bzw. jede Schülerin erhält zwei Gefäße mit je einer kleinen Menge magischen Sand sowie normalen Sandkastensand und Wasser, um damit einen (möglichst schönen) Sandkuchen oder eine Sandburg zu bauen. Die beiden Sandproben unterscheiden sich auf den ersten Blick nicht voneinander. Eine der beiden Sandproben verhält sich aber nicht wie erwartet.



Alternative für frustrationstolerante SchülerInnen: Wer baut die schönste Sandburg? Die SchülerInnen erhalten unterschiedliche Sandarten. Bei einigen klappt das Sandburgen bauen nicht. Was ist der Grund dafür?

Abb. 1: Wassertropfen auf Magischem Sand (Sealsand [engl.])

Die SchülerInnen sollen nach der Entdeckung des Phänomens erste Vermutungen aufstellen, warum sich der magische Sand so besonders verhält. Die Qualität der Vermutungen wird von Vorerfahrungen und vom Vorwissen der SchülerInnen über hydrophobe Stoffe abhängen.

Evaluate 1:

In der Einstiegsphase lässt sich erkennen, ob die SchülerInnen begründete Vermutungen formulieren und ihre Beobachtungen mit ihrem Vorwissen in Zusammenhang bringen können.

Das Mystery "Magischer Sand" ist in diesem Beispiel auf **Inquiry Level 2** angelegt, d. h., die SchülerInnen bekommen eine Frage vorgegeben, erhalten aber keine Anleitung zur Versuchsdurchführung, sondern planen selbst Untersuchungen und führen diese durch.

Die Explore-Phase

Fragestellung:

Wie lässt sich der sonderbare Sand formen?

Wie kann man aus dem sonderbaren Sand eine schöne Sandburg bauen?



Abb. 2: Sandkuchen

Benötigtes Material:

Magischer Sand, verschiedene andere Sandarten, Leitungswasser, deionisiertes Wasser, Öl, Essig, Ethanol, Seife/Geschirrspülmittel, kleines Sieb, Kristallisierschalen oder Bechergläser verschiedener Größen, Löffel oder Spatel, Pasteurpipetten, Sandkuchenformen (oder Kunststoffschnapsgläser), Messzylinder, ...

Die SchülerInnen sollen Untersuchungen planen und mit dem magischen Sand durchführen: Sie sollen das Verhalten des Sandes erforschen, wenn er mit verschiedenen Flüssigkeiten in Kontakt kommt und herausfinden, wie der Sand zum Klumpen gebracht werden kann, sodass ein Sandkuchen oder eine Sandburg damit gebaut werden kann. Folgende Versuche sind denkbar:

Magischer Sand mit Wasser

 Magischen Sand in ein Becherglas mit (Leitungs- oder deionisiertem) Wasser rieseln lassen: Es bildet sich ein Klumpen mit einer silbrig glänzenden Lufthülle, ein bisschen Sand schwimmt oben auf. Wenn man einen Teil des Klumpens rausfischt, ist die-

- ser trocken und rieselfähig. Ein Teil des Sandes klebt am Löffel fest oder schwimmt oben auf der Wasseroberfläche.
- Magischen Sand zuerst ins Becherglas und dann Leitungsoder deionisiertes Wasser dazu geben: Der Sand bleibt unten im Becherglas und umgibt sich mit einer silbrig glänzenden Haut, ein kleiner Teil davon wird hochgeschwemmt und schwimmt oben auf.

Magischer Sand mit Wasser und Spülmittel

Magischen Sand ins Wasser geben, Spülmittel dazugeben, umrühren: Der Sand verhält sich nun wie normaler Sand, er wird feucht und ist nicht mehr rieselfähig (auch wenn man das mit Spülmittel versetzte Wasser abschüttet, sodass nur der Sand übrig bleibt).

Magischer Sand mit Essig und Wasser

Essig zum magischen Sand dazugeben: Magischer Sand verhält sich wie normaler Sand. Auch wenn noch etwas Wasser zum Essig dazugegeben wird, verhält sich der magische Sand weiter wie normaler Sand.

Magischer Sand mit Öl und Wasser

Zu magischem Sand wird Öl gegeben und umgerührt: Der magische Sand verhält sich wie normaler Sand. Wenn zu magischem Sand in Wasser Öl dazugegeben und gut gemischt wird, verhält sich der magische Sand danach ebenfalls wie normaler Sand.

Vergleich magischer Sand mit Wasser und magischer Sand mit Spiritus

Im Wasser sinkt der magische Sand sofort auf den Boden des Becherglases und klumpt zusammen (sowohl wenn man ihn zügig zugibt als auch sehr sehr langsam reinrieseln lässt).

Im Spiritus rieselt der Sand langsam zu Boden, wie man es von normalem Sand gewohnt ist. Wird dann bei beiden Bechergläsern die Flüssigkeit abdekantiert, so bleibt der Sand beim Spiritus "gatschig" (also mit Spiritus benetzt), beim Wasser ist er großteils wieder trocken und rieselfähig.

Vergleich magischer Sand mit Wassertropfen und magischer Sand mit Spiritustropfen

Magischen Sand in ein Schälchen geben, so dass der Boden ganz bedeckt ist. Mit einer Pasteurpipette einen Wassertropfen auf den magischen Sand setzen. Der Tropfen sickert nicht ein und man kann ihn vorsichtig auf der Sandoberfläche herumkullern lassen. Dabei bedeckt sich die Oberfläche des Wassertropfens schließlich vollständig mit Sand.

Zum Vergleich einen Tropfen Spiritus auf eine Schicht magischen Sand geben, dieser Tropfen versickert sofort.

TIPPS:

- Nicht zu kleine Mengen Sand verwenden, sonst schwimmt relativ viel Sand an der Wasseroberfläche, der nicht rieselfähig ist.
- Zum Herausfischen des Sandes ist ein feines Sieb hilfreich.
- Untersuchungen immer parallel mit mehreren Flüssigkeiten durchführen, dann kann man gut vergleichen und Unterschiede erkennen.
- Am besten ist es, wenn man zuerst die Flüssigkeit in das Becherglas füllt und dann eine Portion magischen Sand dazugibt (mind. einen gehäuften Teelöffel).
- Den Sand vorzulegen und dann die Flüssigkeit dazuzugeben, eignet sich nicht so gut zum Vergleichen und Beobachten.

Evaluate 2:

IIn der Explore-Phase lässt sich beobachten, ob die SchülerInnen kreative Ideen entwickeln und umsetzen, um den magischen Sand zu erforschen. Planen sie zuerst oder gehen sie nach dem 'trial and error' Prinzip vor? Wie systematisch nutzen sie die bereitgestellten Materialien? Protokollieren sie ihr Vorgehen und ihre Beobachtungen? Leiten sie aus ihren Beobachtungen neue Fragen und Vermutungen ab, die wieder erforscht werden?

Die Explain-Phase

Die SchülerInnen sollen zu einer Erklärung des Phänomens kommen. Dabei ist es wichtig, sie durch Leitfragen, Hinweise oder kurze Sachtexte zu unterstützen (s. Arbeitsblatt in der Heftmitte).

Evaluate 3:

Anhand der formulierten Erklärung, z. B. auf einem Protokollbogen, kann erkannt werden, ob die SchülerInnen die fachlichen Konzepte zu hydrophilen und hydrophoben Stoffen mit dem Phänomen des magischen Sandes in Verbindung bringen können.

Fachliche Klärung:

Normaler Sand (Quarzsand) besteht aus Siliciumdioxid (SiO₂) wobei die Silicium- und Sauerstoffatome durch kovalente (Elektronenpaar-) Bindungen verbunden sind. Die Silicium-Atome sind noch von weiteren Sauerstoffatomen tetraedrisch umgeben und bilden ein Atomgitter.

Zwischen den Sauerstoffatomen an der Oberfläche der Sandkörnchen und Wassermoleküle können sich Wasserstoffbrücken ausbilden. Dadurch überziehen sich feuchte Sandkörner mit einer dünnen Wasserschicht, die durch Adhäsionskräfte die Sandkörnchen zusammenhält – der feuchte Sand verklumpt.

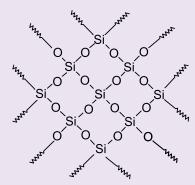


Abb. 3: Siliziumdioxid

Magischer Sand ist normaler Sand, bei dem jedes einzelne Sandkörnchen mit einer wasserabweisenden Beschichtung überzogen ist. Der magische Sand wurde von ForscherInnen der Cabot Corporation in Massachusetts entwickelt. Mithilfe einer speziellen Methode können Oberflächen von Materialien, die auf Silikaten basieren (wie z. B. Sand und Glas), durch Reaktion mit Di- oder Trimethylchlorsilanen hydrophobisiert werden. Dadurch wird die Oberfläche der Sandkörner glatt und so können keine Wassermoleküle daran haften. Das ganze findet im Nano-Bereich von 0,1 bis 100 nm statt. Der so behandelte Sand stößt Wasser ab und benetzt sich viel besser mit Luft als mit Wasser. Das kann man an der silbrig glänzenden Luftschicht erkennen, mit der sich der magische Sand unter Wasser umgibt. Weil sich zwischen den einzelnen Sandkörnchen Luft befindet, kommen diese nicht mit Wasser in Berührung und bleiben dadurch auch unter Wasser trocken.

Man kann mit diesem Sand unter Wasser Skulpturen formen, deren Form durch den Wasserdruck zusammengehalten wird. Außerhalb des Wassers zerfällt die Skulptur sofort.



Abb. 4: Magischer Sand unter einem Rasterelektronenmikroskop

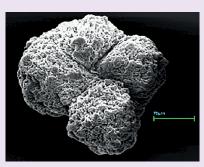


Abb. 5: Normaler Sand Partikel unter einem Rasterelektronenmikroskop

Hydrophobe Stoffe wirken wasserabweisend und sind dadurch weder in Wasser löslich noch mit Wasser benetzbar. Hydrophile Stoffe sind hingegen wasseranziehend, was bedeutet, dass sich die polaren Wassermoleküle um die ebenfalls polaren Teilchen des Stoffes anordnen. Dadurch sind sie leicht mit Wasser benetzbar und auch leicht löslich in Wasser.

Die Extend-Phase

Hier könnte es beispielsweise um verschiedene Anwendungsmöglichkeiten des magischen Sandes gehen.

SchülerInnen höherer Klassen könnten die physikalisch-chemischen Hintergründe zum Verhalten feuchter und hydrophober Sande recherchieren und zur Klärung des unterschiedlichen Verhaltens heranziehen.

Es lassen sich Nanotechnologien in Industrie und Natur diskutieren.

Die SchülerInnen können auch selbst überlegen, wie sie aus normalem Sand magischen Sand herstellen, diesen anfertigen und mit dem gekauften Produkt vergleichen.

- Könnte man ölverschmutzte Ozeane mit hydrophobem Sand reinigen? Welche Vor- oder Nachteile hätte das?
- Welche Anwendungsmöglichkeiten für hydrophoben Sand gibt es im Garten- und Landschaftsbau?
- Wie kann man Sandburgen unter Wasser bauen?
- Wie lässt sich das unterschiedliche Verhalten von Wasser bei Kontakt mit normalem und hydrophobem Sand physikalisch-chemisch erklären?
- Wie kann man hydrophoben Sand möglichst einfach selbst herstellen?
 Welche Stoffe eignen sich dafür?
 Ist das selbst hergestellte Produkt genauso gut wie das gekaufte?

Evaluate 4:

In der Extend-Phase können SchülerInnen zeigen, ob sie ihre Kenntnisse über die verschiedenen Eigenschaften des hydrophoben Sandes heranziehen können, um sinnvoll und umweltbewusst Anwendungsmöglichkeiten in der Natur zu empfehlen.

Die SchülerInnen können zeigen, wie gut sie das auf makroskopischer Ebene wahrnehmbare Phänomen mit physikalisch-chemischen Konzepten auf der submikroskopischen Ebene erklären können.

Ebenso wird sichtbar, wie kreativ und systematisch sie bei der Planung und Durchführung zur Herstellung von eigenem hydrophobem Sand vorgehen.

TIPPS ZUM WEITERLESEN UND INFORMIEREN:

http://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/magic-hydrophobic-sand [17.03.2015]

http://sealsand.com/

http://www.nnin.org/sites/default/files/files/NNIN-1038_0.pdf

https://www.youtube.com/watch?v=1nNlOj_YB6s (magischen Sand selbst herstellen)

http://www.prosieben.at/tv/galileo/videos/webphaenomen-magic-sand-clip

http://theorie1.physik.uni-erlangen.de/teaching/2011s/fa2011_sarntal/wp-content/up-loads/2011/09/Ferienakademie_Kurs3_ThomasKipf.pdf

Korn-Müller, Andreas (2012). Da stimmt die Chemie. Wissenswertes aus dem Reich der Moleküle. Rowohlt

BILDQUELLEN:

Siliziumdioxid: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Krzemionka.svg#/media/ File:Krzemionka.svg

Magischer Sand unter einem Rasterelektronenmikroskop: Vitz, Ed (1990). Magic Sand: Modeling the Hydrophobic Effect and Reversed-Phase Liquid-Chromatography. In: Journal of chemical education, 67(6), S. 513.)

Normaler Sand Partikel unter einem Rasterelektronenmikroskop: http://www.jmu.edu/news/madisonscholar/StJohn.shtml) [30.03.2015]

DANKSAGUNG

Wir danken Rachel Mamlok-Naaman und ihrem Team vom Weizmann Institute, Israel, für die Idee und Ausarbeitungen zu diesem Mystery.

Chemisches Gewichtheben

Katrin REITER Anja LEMBENS Simone ABELS

Anhand des Mysteries wird eine Möglichkeit aufgezeigt, wie die SchülerInnen schon sehr früh im Chemieunterricht zu selbständigem Arbeiten und Erforschen angeregt werden können.

In einem Becherglas werden Substanzen gemischt und daraufhin gelingt es, mit dem Gefäß unterschiedliche Materialien, z. B. einen Schwamm, einen Holzklotz, ein Kartonstück, ein Stück Stoff etc. hochzuheben, ohne diese festzuhalten oder vorher festgeklebt zu haben. Das Mystery eignet sich sehr gut zur Einführung von endothermen Reaktionen, da die SchülerInnen beim Vorführen des Mysteries den Effekt nicht sofort zuordnen und erklären können und sich das Erforschen daher besonders spannend gestalten lässt. Außerdem läuft die Reaktion bei Raumtemperatur freiwillig ab. Es muss keine zusätzliche Aktivierungsenergie zugeführt werden.

Klassenstufe	ab 4. Klasse (8. Schulstufe) und erweiterbar für höhere Schulstufen
Handlungsdimension	Fokus auf Erkenntnisse gewinnen (E1, E2, E3, E4), aber auch W1 und W3
Lehrplanbezug	Energieumsatz bei chemischen Reaktionen, insbesondere endotherme und exotherme Reaktionen
Alltagsbezug	Kältepackungen, Wärmepackungen, Kältemischungen

Die Engage-Phase

Das Mystery kann entweder durch einen Demonstrationsversuch der Lehrkraft oder durch ein Video (z. B. https://www.youtube.com/watch?v=GQkJI-Nq3Os [24.02.2015]) eingeleitet werden.



Ein Becherglas wird auf einem feuchten Schwamm (oder auch auf einem feuchten Holzblock o. ä.) platziert, 15 g Bariumhydroxid-octahydrat und 5 g Ammoniumthiocyanat werden eingewogen und in das Becherglas gegeben, kräftig umgerührt und siehe da, es gelingt nun, das Becherglas samt Schwamm anzuheben.

Abb. 1: Der Schwamm friert am Becherglas fest und lässt sich anheben.

Showmanship: Für die Inszenierungen gibt es mehrere Möglichkeiten. Beispielsweise kann der Versuch ohne ein Wort zu sprechen vorgeführt (stummer Impuls) oder als Zaubertrick dargestellt werden, den es aufzudecken gilt. Die Menge der zusätzlichen Erläuterungen (z. B. die Namen der Substanzen, Information, dass der Gegenstand feucht ist, ...), beeinflusst die Komplexität der an-

schließenden Untersuchung. Aber auch die SchülerInnen selbst können als AssistentInnen in die Inszenierung einbezogen werden, indem sie beispielsweise das Becherglas anheben, ohne über den Effekt vorher informiert zu sein. Der Ehrgeiz der SchülerInnen soll geweckt werden, sodass sie herausfinden wollen, was hinter diesem Phänomen steckt.

Benötigtes Material:

Bariumhydroxid-octahydrat, Ammoniumthiocyanat, Schwamm, Holzstück o. ä., Wasser, Glasstab, Waage, kleines Becherglas (ca. 250 mL)

Vorbereitung:

Die Vorbereitung des Versuchs nimmt nur wenig Zeit in Anspruch. Vor der Versuchsdurchführung werden ein 250 mL Becherglas, ein Schwamm (oder ein Stück Holz o. ä.), ein Glasstab und die Chemikalien bereitgestellt. Auch eine Waage wird benötigt. Gegebenenfalls können die Mengen an Bariumhydroxid-octahydrat und Ammoniumthiocyanat auch schon vor der Demonstration abgewogen werden.

Sicherheitshinweise:

Versuch nur im Abzug durchführen, da Ammoniak frei wird!

Die SchülerInnen sollen den Ablauf des Versuchs und ihre Beobachtungen genau protokollieren und erste Vermutungen formulieren, wie dieser Effekt zustande kommen könnte. Die Beobachtungen und Vermutungen können anschließend gemeinsam im Klassenverband besprochen und gesammelt werden oder es wird sofort zur Explore-Phase übergegangen. Die Lehrperson könnte gegebenenfalls auch noch weitere Hinweise liefern, indem sie einzelne SchülerInnen vor und nach dem Versuch das Becherglas anfassen lässt, die verwendeten Chemikalien verrät oder auf den Ammoniak-Geruch aufmerksam macht.

Evaluate 1:

Diese Sammlungs- und Diskussionsphase eignet sich dafür, die Präkonzepte der SchülerInnen zu endothermen Reaktion zu erheben und das Vorwissen zu aktivieren. Anhand der Hypothesen und Vermutungen der SchülerInnen zeigt sich, welche Vorstellungen diese von chemischen Reaktionen haben und was sie für möglich oder unmöglich halten.

Das Mystery ist hier auf Inquiry Level 2 angelegt, lässt sich aber auch auf Inquiry Level 1 mit Hilfe konkreter Arbeitsanweisungen oder auf Level 3 durchführen, indem an, während der Engage-Phase aufgekommene, Fragen der SchülerInnen

GHS Symbole	H-Sätze und P-Sätze				
	H332+302, 314 P280, 301+330+331, 305+351+338, 308+310				
ENTSORGUNG: Die Entsorgung erfolgt über den Sammelbehälter für anorganische Abfälle mit Schwermetallen.					
(! >	H302 +312 +332, 412 EUH032 P273, 302+352				

angeknüpft wird. Auf Level 2 bekommen die SchülerInnen die Fragestellung vorgegeben, planen selbst ihre Experimente und ziehen selbstständig Schlussfolgerungen aus ihren Beobachtungen. Ein vorgegebenes Planungsraster (s. u.) kann bei der Planung der Experimente hilfreich sein, insbesondere wenn die SchülerInnen darin noch wenig Übung haben.

Die Explore-Phase

Fragestellung:

Wie gelang es im Demonstrationsversuch, den Schwamm mit dem Becherglas hochzuheben? Oder: Mit welchen der bereitgestellten Chemikalien erreichst du die tiefste Temperatur?

Je nachdem wie viel bereits nach dem Demonstrationsversuch gemeinsam besprochen wurde, sollte die Forschungsfrage passend gewählt werden. Steht die Lösung des Mysteries noch aus, können die SchülerInnen erforschen, wie dieser Effekt zustande gekommen ist. Wurde bereits aufgeklärt, dass der Schwamm am Becherglas festgefroren ist, könnten die SchülerInnen in der Explore-Phase herausfinden, wie schwer ein Gegenstand sein darf, damit der Effekt noch funktioniert oder mit welchen der bereitgestellten Chemikalien sich die tiefste Temperatur erreichen lässt. In Eprouvetten oder kleinen Bechergläsern sollen sie verschiedene Substanzen mischen und Beobachtungen und Temperaturänderungen notieren. In beiden Fällen gilt: Bevor losgearbeitet wird, sollten die Experimente geplant werden. Was soll untersucht werden? Welche Materialien werden benötigt? usw. Ein Planungsraster kann die SchülerInnen

dabei unterstützen, an die wesentlichen

Punkte zu denken (Abb. 2).

TEMi	Planungsraster	Level 2
Mystery:		
Fragestellung:		
Was vermuten wir?		
Wie gehen wir vor? (erste Ideen)		
Welche Stoffe & Materialien brauchen wir?		
Versuchsaufbau:	(Skizze oder Beschreibung)	
Konkrete erste Schritte:	1.	
	3.	
Wobei brauchen wir Hilfe?		

Abb. 2: Planungsraster (siehe auch Heftmitte)

Ein Materialtisch ist gut geeignet, um die Überlegungen und Versuche der SchülerInnen in eine sinnvolle Richtung zu leiten. Wird eine Fülle von Materialien bereitgestellt, bestehen mehr Möglichkeiten für die SchülerInnen beim Experimentieren, einige Wege könnten sich aber auch als Sackgassen erweisen. Je weniger Materialien zur Verfügung gestellt werden, umso gezielter werden die SchülerInnen auf bestimmte Experimente hingeleitet. Dies kann hilfreich sein, wenn die SchülerInnen bisher nur auf Inquiry Level 1 gearbeitet haben.

Vorschläge für den Materialtisch:

Bariumhydroxid-octahydrat, Ammoniumchlorid, Ammoniumthiocyanat, Ammoniumnitrat, Citronensäure, Natriumcarbonatdecahydrat, Kaliumnitrat, Kaliumchlorid, Natriumsulfat-decahydrat, Lithiumhydroxid-monohydrat, Strontiumhydroxidoctahydrat, Ammoniumcarbonat, Wasser, Schwamm, Holzstücke, Kunststoffstücke, glatte Steine u. ä, Eprouvetten und Eprouvettenständer oder kleine Bechergläser (ca. 100 mL), Spatel, Glasstäbe, Waagen, Thermometer für tiefe Temperaturen, ...

Beispiele für Reaktionspartner und mögliche Temperaturänderungen:

none remperaturanaerangem	
$Li(OH) \cdot H_2O + NH_4SCN$	-26°C
Li(OH) · H ₂ O + NH ₄ Cl	-12°C
Li(OH) · H ₂ O + NH ₄ NO ₃	-27°C
$Li(OH) \cdot H_2O + Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$	-6°C
$Sr(OH)_2 \cdot 8 H_2O + (NH_4)2CO_3$	-25,0°C
$Sr(OH)_2 \cdot 8 H_2O + NH_4NO_3$	-34,2°C
$Sr(OH)_2 \cdot 8 H_2O + NH_4CI$	-35,9°C
Sr(OH) ₂ · 8 H ₂ O + NH ₄ SCN	-46,7°C
(NH ₄) ₂ CO3 + Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	-15°C
Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O + C ₆ H ₈ O ₇ · H ₂ O	-33°C
Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O + NH ₄ Cl	-21°C
Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O + NH ₄ SCN	-29°C
$Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O + NH_4NO_3$	-30°C
Ba(OH) ₂ · 8 H ₂ O + NH ₄ SCN	-50°C
$Ba(OH)_2 \cdot 8 H_2O + NH_4CI$	-30°C
$Ba(OH)_2 \cdot 8 H_2O + (NH_4)_2CO_3$	-28°C
$Ba(OH)_2 \cdot 8 H_2O + NH_4NO_3$	-39°C
Ba(OH) ₂ · 8 H ₂ O + Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O	-20°C

Tabelle 1: Temperaturen bei endothermen Reaktionen (Schmidkunz & Rentzsch, 2011)

Die geplanten Versuche sollten mit der Lehrperson abgestimmt werden, damit entsprechende Sicherheitsregeln eingehalten werden können. Auch die richtige Entsorgung muss beachtet werden. Zwischen Planungs- und Durchführungsphase ist außerdem ein guter Bruch möglich, wenn nur Einzelstunden zur Verfügung stehen. Die Beobachtungen und Messwerte sollen während der Durchführung dokumentiert und von den SchülerInnen selbständig oder in Kleingruppen interpretiert werden.

Evaluate 2:

Durch Beobachtung der Schüler-Innen in der Explore-Phase können LehrerInnen erfahren, wie gut es den SchülerInnen bereits gelingt, Experimente selbständig und entlang ihrer Vermutungen zu planen, durchzuführen und ggf. begründet zu verändern. Die Protokolle oder Arbeitsblätter der SchülerInnen geben Aufschluss darüber, inwieweit die SchülerInnen in der Lage sind, ihre Beobachtungen und die gemessenen Daten übersichtlich zu dokumentieren und zu interpretieren.

Die Explain-Phase

Die gewonnenen Daten und Beobachtungen aus der Explore-Phase sollen in der Explain-Phase zur Beantwortung der Fragestellung herangezogen werden. Die SchülerInnen können gegebenenfalls mit weiterführenden Informationen in Form von kurzen Sachtexten über endotherme (und exotherme) Reaktionen bei der fachlichen Klärung unterstützt werden. Auch kleine Hilfekärtchen mit Diskussionsfragen oder gestufte Lernhilfen können auf den richtigen Weg führen, z. B.:

- Hat sich die Temperatur während der Reaktion verändert?
- Was geschieht mit Wasser, wenn die Temperatur unter 0°C sinkt?
- Der Schwamm, der beim Demonstrationsversuch verwendet wurde, wurde zuvor angefeuchtet. Hast du nun eine Erklärung, wie der Schwamm am Becherglas anhaftete?

Je nachdem wie offen oder gezielt diese Hinweise formuliert werden, kann der Schwierigkeitsgrad an den Kenntnisstand der SchülerInnen angepasst werden. Dadurch können alle SchülerInnen einer Klasse am gleichen Experiment arbeiten, wobei dennoch auf ihre verschiedenen Leistungsniveaus eingegangen wird.

Evaluate 3:

In der Explain-Phase können Lehrer-Innen beobachten, inwieweit es den SchülerInnen gelingt, ihr fachliches Vorwissen zu endothermen Reaktionen (falls vorhanden) und die Beobachtungen und Messungen aus der Explore-Phase zu kombinieren, um eine Antwort auf die Fragestellung zu finden. Anhand der Formulierungen können LehrerInnen erkennen, inwieweit SchülerInnen mit Fachbegriffen und Konzepten bereits vertraut sind und diese auch verwenden. Greifen die Schüler-Innen zur Beschreibung ihrer Beobachtungen auf alltagssprachliche Begriffe und Formulierungen zurück oder werden auch Fachbegriffe verwendet (z. B. chemische Reaktion, Temperaturänderung, endotherm, exotherm, Energie)? Wie breit fallen die Beobachtungen der SchülerInnen aus (werden z. B. freiwerdende Gase, Änderungen des Aggregatzustandes, ... bemerkt und im Protokoll angegeben)? Wie detailliert werden Erklärungen formuliert und werden sie hinreichend durch Beobachtungen und Fachwissen gestützt und begründet?

Fachliche Klärung: Wird bei einer Reaktion Wärme freigesetzt, so spricht man von einer exothermen Reaktion und die Reaktionsenthalpie ΔH ist negativ. Wird hingegen Wärme aus der Umgebung aufgenommen, ist ΔH also positiv, spricht man von einer endothermen Reaktion.

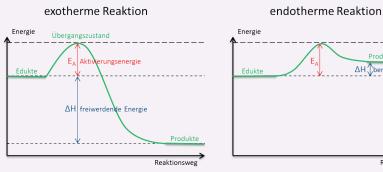


Abb. 3: Energiediagramme (eigene Darstellung)

Ob eine Reaktion freiwillig abläuft oder nicht, lässt sich anhand der Gibbs-Helmholz-Gleichung bestimmen: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Ist die freie Reaktionsenthalpie ΔG negativ, so läuft die Reaktion freiwillig ab. Man spricht auch von einer exergonen Reaktion. Ist ΔG hingegen positiv, so läuft die Reaktion unter den gegebenen Bedingungen nicht ab (endergone Reaktion).

Produkte ∆H ∫benötigte Energie

Reaktionsweg

Beim Demonstrationsversuch des Mysteries reagieren Bariumhydroxid-octahydrat und Ammoniumthiocyanat zu Bariumthiocyanat, Ammoniak und Wasser:

$$Ba(OH)_2 \cdot 8 H_2O_{(s)} + 2 NH_4SCN_{(s)} \rightarrow Ba(SCN)_2_{(aq)} + 2 NH_3_{(g)} + 10 H_2O$$

Es handelt sich hierbei um eine endotherme Reaktion. Ein Temperaturabfall von bis zu 50°C ist möglich. Dadurch friert der zuvor angefeuchtete Schwamm am Becherglas fest und lässt sich hochheben. Bemerkenswert ist, dass die Reaktion bei Raumtemperatur freiwillig abläuft, d. h. trotz der positiven Reaktionsenthalpie ΔH , ist die freie Reaktionsenthalpie ΔG negativ. Dass die Reaktion somit freiwillig abläuft, liegt daran, dass die Reaktionsentropie ΔG hinreichend positiv ist. Die Entropie nimmt stark zu, da aus zwei geordneten, kristallinen Festkörpern flüssige Phasen mit gelösten Stoffen und gasförmiges Ammoniak entstehen – die "Unordnung" steigt.

Die Extend-Phase

Es bietet sich an, das gewonnene Wissen in Richtung Kältemischungen und Kältepackungen zu erweitern, womit auch ein Bezug zur Alltagswelt der SchülerInnen hergestellt werden kann.

Kältepackungen enthalten üblicherweise Ammoniumnitrat und Wasser. Das Ammoniumnitrat ist in einem kleinen Innenbeutel in der Kältepackung vom Wasser separiert. Wird der Beutel gedrückt, sodass dieser platzt, tritt der erwünschte Kühleffekt ein. Kältepackungen könnten auf ihren Inhalt untersucht werden, auf die erreichte Kühltemperatur und auf die Kühldauer. Die SchülerInnen könnten auch verschiedene Kältemischungen ausprobieren und die erreichten Temperaturen mit der Temperatur der Kältepackung vergleichen. Eine Anschlussfrage wäre, warum gerade Ammoniumnitrat und Wasser für Kältepackungen verwendet werden. Wahlweise könnten auch noch Kälte- und Wärmepackungen hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede in ihren Inhaltsstoffen, Funktionsweisen und Handhabungen miteinander verglichen werden.

Bekannte Kältemischungen sind Natriumchlorid/Wasser, Natriumchlorid/Wasser/Eis, Ammoniumnitrat/Wasser, Kaliumchlorid/Wasser, Calciumchloridhexahydrat/Eis, ...

Die benötigten Materialien werden bereitgestellt und die SchülerInnen versuchen, möglichst tiefe Temperaturen zu erreichen. Wem gelingt es, die tiefste Temperatur zu erreichen?

In dieser Phase könnte auch noch näher auf die Lösungsenthalpie, Hydratisierungsenergie, Gitterenergie, Reaktionsenthalpie, Reaktionsentropie und Ähnliches eingegangen werden.

Konkrete Fragenstellungen für die Extend-Phase könnten wie folgt lauten:

- Wie funktionieren Kältepackungen?
- Wie funktionieren Wärmepackungen?
- Welche Unterschiede gibt es im Aufbau und in der Wirkung von Kälte- und Wärmepackungen?
- Welche Kältemischungen gibt es außer Wasser mit Eis noch?
- Welche Temperaturen können mit Kältemischungen bestenfalls erreicht werden?
- Wie kann die Abkühlung erklärt werden?
- Warum entsteht aus zwei Feststoffen ein "flüssiger Gatsch"?

Evaluate 4:

Hier zeigt sich, ob die SchülerInnen das gewonnene Wissen selbständig anwenden und die weiterführenden Fragestellungen bearbeiten können.

TIPPS ZUM WEITERLESEN UND INFORMIEREN:

Schmidkunz, H. & Rentzsch. W. (2011). Chemische Freihandversuche. Band 1. Aulis Verlag.

Kältemischungen:

http://phoenix.tuwien.ac.at/chemistry/Merck-Tabellen/K%C3%A4Itemischung.pdf [24.02.2015]

Kältemischungen für den Laborbedarf:

http://www.uibk.ac.at/organic/en/people/02-kaeltemischungen.pdf [24.02.2015]

Versuchsanleitungen und Theorie zur Energetik: https://fdchemie.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/fd_zentrum_chemie/ Arbeitsanleitungen_Schulversuche_AC/ Woche4.pdf [24.02.2015]

Mortimer, C. E., Müller, U. (2007). Chemie. Das Basiswissen der Chemie (9., überarbeitete Auflage). Stuttgart, Georg Thieme Verlag

Das Mystery als Video: https://www.youtube. com/watch?v=GQkJI-Nq3Os [24.02.2015]

Triebkraft von chemischen Reaktionen: http:// www.chemieunterricht.de/dc2/energie/ triebkra.htm [03.03.2015]

BILDQUELLEN:

Energiediagramm: http://www.seilnacht.com/ Lexikon/aktivi.htm [03.03.2015]

