

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/304139556>

Forschen lernen in der Schule

Article · September 2015

CITATIONS

6

READS

770

3 authors, including:



Katja Weirauch

University of Wuerzburg

5 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Professionalisierung im Lehramtsstudium [View project](#)



Chemie all-inclusive [View project](#)

- [5] B. Priemer, Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *ZfDN* 17, S. 315–337 (2011).
- [6] J. Hattie, *Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge, New York 2009.
- [7] C. E. Hmelo-Silver, R. G. Duncan, C. A. Chinn, *Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark* (2006). *Educational Psychologist* 42 (2), S. 99–107 (2007).
- [8] P. A. Kirschner, J. Sweller, R. E. Clark, *Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching*. *Educational Psychologist* 41 (2), S. 75–86 (2006).
- [9] I. Wahser, E. Sumfleth, *Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie*. *ZfDN* 14, S. 219–241 (2008).
- [10] W. Rieß, N. Robin, *Befunde aus der empirischen Forschung zum Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. In: W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, A. Schulz, *Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich Denken und arbeiten*. Waxmann, Münster 2012.
- [11] J. Arnold, K. Kremer, *Lipase in Milchprodukten. Schüler erforschen die Temperaturabhängigkeit von Enzymen*. *PdN – Biologie in der Schule* 61 (7), S. 15–21 (2012).
- [12] M. Hadfield, *Das Kupfer-Problem*. *ChemKon* 2 (3), S. 103–106 (1995).
- [13] E. M. Furtak, T. Seidel, H. Iverson, D. C. Briggs, *Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis*. *Review of Educational Research* 82 (3), S. 300–329 (2012).
- [14] M. Rocard, P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Henriksson, V. Hemmo, *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxemburg 2007.
- [15] E. L. Deci, R. M. Ryan, *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. *ZfPäd* 39 (2), S. 223–239 (1993).
- [16] H. Schmidkunz, H. Lindemann, *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben 1992.

Anschrift der Verfasser
Prof. Dr. Mathias Ropohl,
Dr. Silke Rönnebeck, Hilda Scheuermann
 Leibniz-Institut für die Pädagogik der
 Naturwissenschaften und Mathematik
 Abteilung für Didaktik der Chemie
 Olshausenstraße 62, 24118 Kiel
 Ropohl@ipn.uni-kiel.de

Forschen lernen in der Schule

K. Weirauch, E. Geidel, A.-L. Hörnig, H. Seefried

Ganz im faustischen Sinne wollen Naturwissenschaftler wissen, „was die Welt im Innersten zusammenhält“. Dabei zählte noch in den 1990er Jahren Dietrich Schwanz die Naturwissenschaften nicht zur eigentlichen Bildung, obwohl in seinem Buch behauptet wird, alles zu beschreiben, „was man wissen muss“ [1]. Der Konsens in den Bundesländern sieht anders aus und die Lehrpläne sehen dem entsprechend umfangreiche wissenschaftspropädeutische Inhalte für Grundschulen und weiterführende Schulen vor. Ziel dabei ist das Erreichen einer Scientific Literacy, die zur verantwortungsvollen Teilnahme an der modernen Gesellschaft befähigt. Wird diese naturwissenschaftliche Grundbildung erreicht? Und welche methodischen Wege sind hierfür denkbar

Stichwort: Wissenschaftspropädeutik, Egg-Races, Virtual Science Fair, Natur der Naturwissenschaften, Naturwissenschaftlicher Erkenntnisweg

1 Wissenschaftspropädeutik

Die Durchdringung unserer Alltagswelt mit „Naturwissenschaftlichem“ ist nahezu allumfassend. Die selbstbestimmte Teilnahme an dieser Gesellschaft ist demnach nur möglich, wenn ein gewisses Verständnis von Technik und ihren naturwissenschaftlichen Grundlagen besteht. Ein Vorkurs oder eine Vorübung zum Erlernen einer Kunst oder einer Wissenschaft wird als „Propädeutik“ bezeichnet, die Vorbereitung auf die Ausübung von Wissenschaft als „Wissenschaftspropä-

deutik“¹. Die Kultusministerkonferenz (KMK) definiert das Thema Wissenschaftspropädeutik als eines der drei Ziele gymnasialen Unterrichts überhaupt [2]. Die Heranführung an die Naturwissenschaften im weitesten Sinne beginnt aber schon viel früher – zum Teil im Kindergarten, spätestens aber in der Grundschule. Durch die Beschäftigung mit zum Beispiel den Zustandsformen der Materie oder mit Messen und Maßen sollen die Schüler zum einen das Beobachten und zum anderen das Verbalisieren üben. Die-

ses schrittweise Annähern an die Arbeitstechniken und Denkwege der Fachwissenschaft Chemie in der Schule kann in der Oberstufe im Erforschen einer individuellen wissenschaftlichen Fragestellung und deren Darstellung als Seminararbeit oder Facharbeit im Leistungskurs, Seminarkurs bzw. Seminarfach gipfeln.

Wissenschaftspropädeutik muss also ein Schwerpunkt naturwissenschaftlichen Unterrichts sein. Hößle, Höttecke und Kircher vermochten zu zeigen, dass das Ziel der „Wissenschaftsorientierung des Lernens“ vielfach nicht erreicht wird. Sie verweisen darauf, dass wissenschaftliches Handeln und Wissen im normalen Unterricht vornehmlich reproduziert und nicht ausreichend reflektiert wird und

¹ Unter Wissenschaftspropädeutik soll explizit nicht die Abhaltung von Erstsemesterlehreveranstaltungen im schulischen Umfeld verstanden werden!

wissenschaftsphilosophische Diskussionen eher am Rande des Unterrichts stattfinden. Sie überschreiben diese Problematik mit einer „Abbilddidaktik“ und sehen in ihr einen Hauptgrund für die mangelnde Motivation von Schülern im naturwissenschaftlichen Unterricht [3]. Die bisher vorherrschende Vermittlung eines Naturwissenschaftsverständnisses erfolgt über ein „Learning by doing“ wobei die Schüler im Zuge des Unterrichts implizit ein Bild der Naturwissenschaft entwickeln, ohne es bewusst zu reflektieren. Ein wissenschaftspropädeutischer Unterricht sollte im Gegensatz dazu jedoch die Reflexion über die Natur der Naturwissenschaft (NdN) explizit enthalten.

Unterrichtsangebote, die auf vorgefertigten Experimenten und Materialien basieren, überspringen wesentliche Phasen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Hierzu gehören die Entwicklung und Formulierung einer eigenen Fragestellung an die Natur, die Suche nach eigenen (experimentellen) Lösungswegen und gegebenenfalls der kontroverse wissenschaftliche Dialog (scientific reasoning) über die Ergebnisse und deren Bedeutung. Für den idealen Unterrichtsablauf kommen metakognitive Phasen hinzu.

McComas et al. fassen die für den Chemieunterricht relevanten Aspekte eines solchen Wissens über die NdN in mehreren Stichpunkten zusammen (siehe Kasten 1). Daraus ergibt sich zwingend die Frage, wie ein Chemieunterricht aussehen kann, der die von ihnen genannten Aspekte sowohl abbildet als auch kritisch hinterfragt, und der dabei den SchülerInnen die notwendigen Kompetenzen im Sinne einer Wissenschaftspropädeutik vermittelt. Diese Frage lässt sich sicher nicht für alle Jahrgangsstufen mit einer einheitlichen Methode beantworten. Im Folgenden soll deshalb versucht werden, an drei Beispielen aus Grundschule, Mittelstufe und Oberstufe aufzuzeigen, wie eine konsequente und spiralcurriculare Wissenschaftspropädeutik methodisch umgesetzt werden kann.

2 Forschen lernen in der Grundschule: Die Forscheruhr

Entsprechend dem aktuellen Forschungsstand (e.g. Engeln [4] oder Guderian und Priemer [5]) ist für einen nachhaltigen Effekt von außerschulischen Lehrangeboten die Einbindung in den Unterricht besonders wichtig. Deshalb wurde beim Lehr-Lern-Labor (LLL) „Luft erforschen“, welches für die 1. Jahrgangsstufe entwickelt

- Wissenschaft verfolgt den Anspruch, natürliche Phänomene zu erklären.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnis ist dauerhaft, aber vorübergehend.
- Wissenschaftler sind kreativ.
- Es gibt nicht den „einen“ Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (dem entsprechend gibt es keine einzelne und einheitliche wissenschaftliche Methode).
- Naturwissenschaft verlässt sich stark (aber nicht ausschließlich) auf Beobachtung, experimentelle Beweise, logische Argumente und skeptisches Hinterfragen.
- Naturwissenschaftler müssen genau dokumentieren, sodass Wiederholbarkeit und Überprüfbarkeit gegeben sind.
- Neues Wissen muss offen und klar kommuniziert werden.
- Beobachtungen sind immer theoriegeladen (da sie immer einen subjektiven Anteil haben).
- Gesetze und Theorien haben in der Naturwissenschaft eine eigene Bedeutung. Schüler sollten wissen, dass auch mit weiteren Beweisen aus Theorien nicht zwingend Gesetze werden.
- Wissenschaft und Technik bedingen einander.
- Wissenschaftliche Ideen sind auch vom sozialen und historischen Umfeld abhängig.²

Kasten 1: Für den Chemieunterricht relevante Aspekte der Natur der Naturwissenschaften

wurde, besonderer Wert auf eine vorbereitende Stunde mit den Schülern gelegt. Neben der Hinführung auf wichtige fachliche Inhalte zum Thema „Luft“ sollte dabei gezielt der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg angebahnt und somit auch wissenschaftspropädeutisch gearbeitet werden.

Die Kinder begaben sich zu Beginn der Stunde in einen Sitzkreis. Eine Handpuppe mit Chemiker-Kittel und Laborbrille stellte sich als „Finn, der Forscher“ vor (siehe Abb. 1). Mit der Frage ob sie denn



Abb. 1: Handpuppe Finn der Forscher zur Anbahnung der Begegnung mit „echtem Forschen“

wüssten, was ein Forscher sei, wurde direkt in das Thema „Natur der Naturwissenschaften“ eingestiegen. Finn erklärte: „Wir Forscher erforschen Dinge und suchen Erklärungen. Dazu machen wir oft Experimente in einem Labor“. Mit einem Bild wurde den Schülern die Umgebung, in die sie sich bei Besuch des LLLs begeben werden, nahe gebracht, um eventuellen Ängsten vorzubeugen. Die Figur führte weiter durch das Gespräch und klärte mit den Schülern, dass Forschen stets mit einer Frage beginnt. An der konkreten Diskussion, ob eine luftgefüllte Flasche voll oder leer sei, wurde der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess stark vereinfacht nachvollzogen und seine Schritte jeweils verbalisiert. Nach der Planung eines Experiments zur Überprüfung ihrer aufgestellten Vermutungen gingen die Schüler dem „Forscherauftrag“ nach. Indem sie eine Flasche schräg in Wasser tauchten, konnten sie aufgrund der aufsteigenden Luftblasen erkennen, dass Luft nicht „Nichts“ ist. Die Schüler artikulierten ihre Ergebnisse, welche an der Tafel zur Visualisierung und Festigung notiert wurden.

Im Anschluss an dieses erste Forschen wurden die Schritte des Forscherprozesses nochmals von den Schülern wiederholt. Finn lobte die Kinder und forderte sie auf, nach weiteren Möglichkeiten zu suchen, um das Vorhandensein von Luft nachzuweisen. Unter Verwendung weiterer Versuchsmaterialien wie zum Beispiel Seifenblasen führten die Schüler ihre selbstständig entwickelten Versuche durch. Abschließend bedankte sich Finn bei den Kindern und trug ihnen als Vorbereitung für das Wiedersehen im Labor auf, eine „Forscherscheibe“ zu basteln und mitzubringen.

² Übersetzt aus McComas, W. F., P.-C. Michael, und H. Almazroa, *The Role and Character of the Nature of Science in Science Education*. In *The Nature of Science in Science Education*, W. F. McComas, Editor. 1998, Kluwer Academic Publishers: Netherlands. S. 3–39.



Abb. 2: Gebastelte Forscher-Uhren



Abb.3: Präsentation vor der Jury

Die Forscherscheibe (s. Online-Ergänzung: Kopiervorlage 1) besteht aus zwei übereinanderliegenden Pappscheiben. Aus der oberen wird ein Fenster ausgeschnitten, sodass darin durch Drehen die jeweilige Phase des Forscherprozesses sichtbar wird. Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess wird dabei didaktisch reduziert für die erste Jahrgangsstufe mit „Frage → vermuten → planen → Versuch → erklären“ dargestellt. Durch die Kreisform der Scheibe wird deutlich, dass letztlich jede Erklärung wieder zu einer weiterführenden Frage führt.

Die Schüler brachten die selbst gebastelte „Forscherscheibe“ in das LLL „Luft erforschen“ mit (Abb. 2). An jeder Station konnten sie mit Hilfe der Scheibe verfolgen, in welchem Stadium des Forscherwegs sie sich gerade befanden. In der Regel waren die Stationen so gestaltet, dass mindestens einer der Schritte von den Schülern selbst zu planen war. Nur dort, wo es aus sicherheitstechnischen oder zeitlichen Gründen nicht möglich war, wurde die Frage, die Vermutung oder der experimentelle Weg vorgegeben. Den Kindern hat das Forschen im LLL nicht nur offensichtlich Spaß gemacht, sie entwickelten im Laufe des Vormittags auch eine wachsende Sicherheit in Bezug auf die einzelnen Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges und ihre Reihenfolge. Die Forscherscheibe ist dabei ein bewusst einfach gehaltenes, handliches Hilfsmittel, wodurch die Schüler sie problemlos und gern nutzen. Setzt man sie wiederholt immer dann ein, wenn im Unterricht naturwissenschaftlich gearbeitet wird, so stellt die Forscherruhr nach unserer Erfahrung ein gutes Werkzeug dar, um schon mit Erstklässlern gezielt wissenschaftspropädeutisch zu arbeiten, indem immer wieder die Metaebene eingenommen und mit den Schülern

die Vorgehensweise des Forschens reflektiert wird.

3 Forschen lernen in Sek I: Die Virtual Science Fair (VSF)

Science Fairs sind Projektarbeiten, die vor allem im englischsprachigen Raum seit Jahrzehnten standardmäßig an Schulen durchgeführt werden (eine genaue Beschreibung der Methode findet sich in Jonas-Ahrend and Kreckel [6]). Bei der „fair“ (also der „Messe“) am Ende stellen Schüler ihre Projekte mit Postern und eventuell weiteren Medien den Besuchern vor. Die Projekte bestehen aus einer kleinen, von den Schülern selbst gefundenen Fragestellung, die mit experimentellen Mitteln beantwortet werden soll. In unserem Fall nehmen achtzig Achtklässler an der VSF teil und haben rund acht Wochen Zeit, ihre Projekte zu Hause zu bearbeiten. Die VSF ist zeitlich im Schuljahr meist so angelegt, dass die Hauptarbeit in der eher klausurenarmen Zeit um das Halbjahr geleistet werden kann. Die eigentliche Messe wird direkt nach den Osterferien veranstaltet, sodass die Schüler in den Ferien noch die Gelegenheit haben, ihr Projekt fertig zu stellen. Im Gegensatz zu den international üblichen Science Fairs werden die Schüler in unserem Fall von Lehramtsstudierenden bzw. Wissenschaftlern und Berufstätigen im Bereich der Naturwissenschaften „virtuell“ über eine moodle-Plattform betreut.

Der Aspekt der virtuellen Betreuung erweist sich in vielfacher Hinsicht als wesentliches und positives Merkmal der VSF. Einerseits werden die Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer entlastet, da die konkreten Tipps, Antworten bzw. Impulse zu den Projekten von externen E-Mentoren kommen. Dabei müssen sich die Schüler um einen korrekten naturwissenschaftlichen Sprachgebrauch bemü-

hen, da nur über die moodle-Plattform kommuniziert werden soll. Nur durch eine klare Beschreibung des Experiments, der Beobachtungen und der Ergebnisse kann der E-Mentor die Schüler adäquat unterstützen. Andererseits motiviert die externe Betreuung: Die E-Mentoren sind keine Lehrkräfte, die aus Schülerperspektive zumeist auch als bewertend eingeordnet werden. Schüler, die z. B. aufgrund schlechter Leistungen in den naturwissenschaftlichen Fächern eher zurückhaltend wären, können hier unbefangener und frei ihre Fragen formulieren. Die E-Mentoren treten den Teams unvoreingenommen in Bezug auf Engagement oder Leistungsfähigkeit gegenüber – und sind zudem „echte“ Wissenschaftler!

Die Hauptarbeit der Schule besteht aus der Koordination des Ablaufs, der Gewinnung der E-Mentoren und der Einführung der Schüler bzw. der E-Mentoren in die VSF. Zentraler Bestandteil der Einführung der Schüler ist die Start-up-Veranstaltung, in der es neben organisatorischen Aspekten hauptsächlich um das Kennenlernen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses selbst geht. Die Unterstützung bei den Projekten beschränkt sich auf den Verleih einfacher Geräte (Waagen, Kraftmesser, Thermometer, etc.) oder die Bereitstellung von Mikroskopen. Auf diese Weise sind die Lehrer einerseits entlastet, haben aber dennoch die Möglichkeit, über moodle einzusehen, welche Kommunikation zwischen Schülern und Betreuern stattfindet. Auf der Seite der E-Mentoren profitieren die darunter zahlreich vertretenen Lehramtsstudierenden, da sie frühzeitig im Studium die Problematik von Fehlvorstellungen oder Schwierigkeiten der Schüler beim naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess in der Praxis erkennen und den didaktischen Umgang damit üben können. Die Rückmeldungen sind über-

wiegend positiv, sodass viele der E-Mentoren auch für die nachfolgende Science Fair erneut ihre Mitarbeit anboten.

Projekte wie „Jugend forscht“ unterstützen seit langem Schüler darin, naturwissenschaftlich tätig zu werden. Im Gegensatz zu solchen Initiativen, die auf besonders interessierte Schüler abzielen, will die VSF die „schlafenden Talente“ finden und wecken. Dies wird durch die Vorgabe erreicht, dass alle Schüler einer Klasse mitmachen müssen. Da es primär um das Wecken der Freude am naturwissenschaftlichen Arbeiten geht, werden die Projekte grundsätzlich nicht benotet – lediglich besonders gute Leistungen können auf Wunsch der Schüler im Nachhinein als Teilnote in ein Fach Eingang finden. Dadurch, dass die Schüler nicht direkt von Lehrkräften betreut werden, sinkt die Hemmschwelle, nachzufragen. „Die Schüler arbeiten in einem »geschützten Raum«“ [6]. Die Lehrkräfte hingegen müssen sich in Zurückhaltung üben und wissen vergleichsweise wenig darüber, was ihre Schüler tun – eine zunächst sehr ungewohnte Haltung und eher schwierige Vorstellung, die aber in der Evaluation der VSF seitens der Schüler deutlich gewürdigt wurde. Die Projekte sind von Schülern erdacht und von Schülern gemacht! „Für die Lehrkräfte heißt es »Loslassen!«“ [6]. Damit sind aber auch eine Reihe positiver Erfahrungen verknüpft: Viele Schüler haben sehr gute Ideen und die Ausfallrate ist gering – in unserem Fall war nur eine von 40 Gruppen auf der Fair 2014 nicht anwesend. Auch die zunächst besonders engagierten Gruppen müssen ihr Projekt einer externen Jury erläutern (siehe Abb.3). Diese Beurteilung durch Externe erwirkt einen Echtheitscharakter der Science Fair, der wesentlich zur Motivation der Schüler beiträgt.

Um exemplarisch die Qualität und das breite Spektrum der VSF zu verdeutlichen, sind in Kasten 2 einige der untersuchten Fragestellungen genannt. Wie aus diesen deutlich wird, geht es nicht primär darum, tiefgründige und komplizierte Forschung zu betreiben. Es geht vielmehr darum, aus dem Alltagserleben der Schüler heraus überschaubare Fragen zu beantworten – aber dies auf „echt naturwissenschaftliche“ Weise! Dafür sollten den Schülern folgende Anhaltspunkte gegeben werden:

- Sucht Euch eine Fragestellung, die Euch wirklich interessiert!
- Überlegt Euch ein Experiment, mit dem Ihr die Frage beantworten könnt. (Hierbei könnt Ihr bereits Hilfe von Eurem E-Mentor erhalten).

- Stellt dabei sicher, dass von Test zu Test möglichst alle Variablen gleich bleiben, und nur die, die Ihr tatsächlich untersuchen wollt, verändert wird!
- Blindproben können hilfreiche Hinweise geben!
- Schreibt alles auf, was Ihr tut – wenn es geht, fotografiert es auch!

Diese Hinweise können den Schülern innerhalb einer normalen Unterrichtsstunde nahe gebracht und diskutiert werden. Alternativ eignet sich auch der im Folgenden beschriebene Ansatz mit Egg-Races. Hierbei steht schon bei der Einführung in die VSF ein selbst durchgeführtes Experiment im Mittelpunkt – ganz im Sinne der geforderten Eigenaktivität der Schüler.

4 Forschen lernen in Sek II: Mit Egg-Races zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg

Naturwissenschaftlicher Unterricht sollte nicht nur implizit ein Bild von der Natur der Naturwissenschaften transportieren, sondern den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg selbst zum Inhalt machen und damit explizit behandeln. Im Folgenden wird eine Methode aufgezeigt, mit der das eigenständige Forschen angestoßen und dabei die Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses mit den Schülern erarbeitet werden können. Je nach Schwierigkeitsgrad des dabei eingesetzten Egg-Races kann die Methode sowohl in der Mittelstufe, als auch in der Oberstufe eingesetzt werden.

Egg-Races sind naturwissenschaftliche Tüftelaufgaben, die ohne Vorgabe eines Weges zu lösen sind (siehe zum Beispiel [7]). Bei der von uns entwickelten Variante findet sich die laminierte Aufgabe sowie diverse nützliche, aber auch nutzlose Materialien in einer Experimentier-Kiste. In ihrer ursprünglichen Konzeption sind Egg-Races als Wettbewerb angelegt, bei dem am Ende die Gruppe gewinnt, die am schnellsten eine richtige Lösung und vor allem einen reproduzierbaren Erkenntnisweg präsentieren kann. Mit der Offenheit des Lösungsweges einerseits und der Forderung nach einer experimentellen und reproduzierbaren Lösungsstrategie andererseits erfüllen Egg-Races wichtige Kriterien wissenschaftlichen Forschens. Da die Ausstattung der Kiste sehr flexibel gestaltet werden kann und viele etablierte Freihandexperimente sich in ein Egg-Race umwandeln lassen, stellen sie eine hervorragende Methode des Inquiry-based Learnings dar (Beispiele für solche Egg-Races siehe unter www.didaktik.chemie.

- Wie verändert sich die Haarstruktur bei chemisch und pflanzlich gefärbten Haaren? (siehe Abb. 4)
- Welche Frucht wäre zur Erzeugung von Strom am besten geeignet?
- Wie beeinflussen Flüssigkeiten die Zahngesundheit?
- Können Mäuse Farben unterscheiden?
- Beeinflusst die Farbe eines Körpers Personen bei der Schätzung des Gewichts dieses Körpers?
- Gibt es Unterschiede bei den Auswirkungen eines Oxi-Reinigers bei verschiedenen Stoffen in Bezug auf die Bleichwirkung?
- Wie wirkt sich die Lichteinstrahlung beim Pflanzenwachstum aus?
- Wie und wo hält sich rohes Fleisch am längsten?
- Welche Holzart isoliert am besten?
- Wie ändert sich die Konzentrationsfähigkeit des Gehirns zu verschiedenen Tageszeiten?

Kasten 2: Fragestellungen aus VSFs in Würzburg

uni-wuerzburg.de/egg_races). Das Egg-Race „Wärmepflaster“ wurde darüber hinaus für ein Methodenwerkzeug genutzt, in dem Oberstufenschülern der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg schrittweise bewusst gemacht werden sollte: Das „Modul Forschen Lernen“.



Abb. 4: Das Projekt Haare Färben

In diesem Fall wurde die Kiste weg gelassen. Die Schüler erhielten nur das gebrauchte Wärmepflaster selbst sowie ein neues, noch verpacktes Exemplar. Solche Pflaster enthalten Eisenpulver, das unter Katalyse von Aktivkohle und Einwirkung von Kochsalz mit Luftsauerstoff exotherm reagiert (Versuchsanleitung siehe Schwab [8], weitere Informationen siehe Pöhls and Busker [9]). Die Schüler wurden aufgefordert, herauszufinden, wie die Pflaster funktionieren und sie nach Möglichkeit „nachzubauen“. In der Regel fragen die Schüler schnell, ob sie die Kammern der Pflaster aufschneiden dürfen und entdecken dabei eine braune Substanz, die in ihrem Aussehen an Rost erinnert.

An dieser Stelle wurde unterbrochen und dazu aufgefordert, eine Überschrift für das zu finden, was die Schüler gerade getan hatten. Schnell kam der Begriff „Brainstorming“ auf. Die Schüler wurden darauf hingewiesen, dass genau dies in den umgebenden Forschungsinstituten ständig passiert: Eine Frage kommt auf, über die zunächst im Arbeitskreis z. B. in der Kaffeepause diskutiert wird. Man sammelt Ideen. Es wurde verdeutlicht, dass dies der erste und durchaus wichtige Schritt des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges ist. Welcher ist der nächste?

Im folgenden Verlauf der Bearbeitung des Egg-Races wurde immer wieder unterbrochen, um eine Metaebene einzunehmen und über die verschiedenen Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges nachzudenken: Den Schülern wurde als nächstes die *Recherche* anhand bereitgestellter Literatur ermöglicht (natürlich wurde bewusst kein Internetzugang gewährt). Durch individuelle Betreuung der Gruppen konnte gelegentlich weiter geholfen und daraufhin im Plenum verdeutlicht werden, dass auch Wissenschaftler nach ausführlicher Recherche zum Thema die Antwort auch beim Fachkollegen suchen werden. Für die Schüler konnte die Lehrkraft diese Rolle übernehmen, ohne natürlich allzu viel vorzugeben. Die ersten Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs wurden nun als laminierte Karten an der Wand befestigt und so das Erarbeitete visualisiert und gefestigt – und gleichzeitig der momentane Stand im Forschungsprozess dokumentiert: *Fragestellung*, *Brainstorming*, *Recherche* – und nun?

Älteren Schülern ist gelegentlich bewusst, dass Naturwissenschaftler Hypothesen aufstellen und experimentell überprüfen. Jüngere Schüler haben in der Regel keine Vorstellung davon, was eine

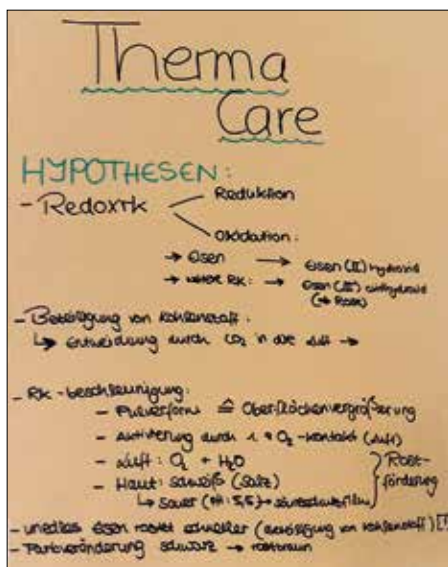


Abb. 5: Poster mit Hypothesen zum Egg-Race „Wärmepflaster“

Hypothese ist und sind nach wie vor der Meinung Wahrheiten herausfinden zu können. Für beide Altersstufen hat sich an dieser Stelle ein Ausflug in die Wissenschaftstheorie bewährt, wobei es von der zur Verfügung stehenden Zeit abhängen wird, ob dies im Unterricht möglich ist, oder nicht. Bei einem wissenschaftspropädeutischen Seminar (W-Seminar), in dem der Erwerb eines korrekten epistemischen Verständnisses im Vordergrund steht, sollte dieser Exkurs aber erfolgen. Hierzu wurde ein Impulsreferat mit nachfolgender Diskussion eingesetzt. Die dazugehörige Präsentation nutzt das Bild von den weißen Schwänen zur Illustration des Induktionsproblems nach Karl Popper [10]: Die ausreichend häufige Beobachtung, dass Schwäne weiß sind, berechtigt nach dem Induktivismus zu der verallgemeinernden Schlussfolgerung („Allsatz“), dass alle Schwäne weiß seien. Nach Poppers kritischem Rationalismus ist eine solche Schlussfolgerung logisch

nicht zulässig. Den Schülern ist – unter starker Vereinfachung und Verkürzung von Poppers Theorie – leicht plausibel zu machen, dass die Behauptung „Alle Schwäne sind weiß“ nur bewiesen werden kann, wenn alle Schwäne der Welt mit Sicherheit überprüft werden könnten. Realistisch ist dies aber nicht möglich. Es gibt aber eine einfache Möglichkeit, wie festgestellt werden kann, ob die Aussage wahr ist oder nicht. Die Schüler kamen sehr schnell darauf, dass ein einzelner schwarzer Schwan die Hypothese eindeutig widerlegt (Popper nennt dies die „logische Asymmetrie“ von Verifikation und Falsifikation [10]).

Mit dem gewählten Beispiel ließ sich den Schülern einerseits verdeutlichen, dass Naturwissenschaften keine absoluten Wahrheiten aufdecken können. Sie können nicht „beweisen“, denn man kann nicht sicher sein, dass unsere Wahrnehmung – und sei sie auch über Messgeräte erweitert – tatsächlich die „Wahrheit“ abbildet. Daten können nie mehr sein, als ein Abbild einer angenommenen Wahrheit und damit bleiben Rückschlüsse aufgrund von Daten immer auch subjektiv – naturwissenschaftliche Daten können also nie einem absoluten Wahrheitsanspruch genügen. Naturwissenschaftler können aber eindeutig widerlegen! Negative Ergebnisse sind demnach in den Naturwissenschaften oft wertvoller, weil eindeutiger als positive Befunde. Diese können erst nach vielfacher Bestätigung nach und nach zur Theorie werden. Diese „Wahrheit“ gilt so lange, bis sie durch neue Befunde widerlegt wird.

Die Schülergruppen wurden nun angehalten, konkrete *Hypothesen* zur Funktionsweise des Wärmepflasters zu formulieren. Die Hypothesen der Gruppen werden nebeneinander an der Tafel fixiert (siehe Abb. 5). Als nächster Schritt stand die experimentelle Überprüfung der Hy-



Abb. 6: Links: Chloridnachweis mit Silbernitrat; Rechts: Nachweis von Eisen-Ionen als Berliner Blau

pothesen an. Es wurde deutlich, dass auch hierzu Recherchen und das Erproben von Methoden notwendig sind. Wieder wurde die Gelegenheit genutzt, darauf hinzuweisen, dass dies auch in der Forschung ein üblicher Schritt ist: Die Forscher müssen zunächst die Analyse- methode oder ein Syntheseverfahren erlernen, bevor sie das eigentliche Experiment durchführen können. Gelegentlich müssen ganz neue Verfahren entwickelt und getestet werden. Wieder wurden die neu benannten Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses an der Tafel bzw. Wand ergänzt, bevor die Schüler sich der Laborarbeit zuwandten. Für diese Arbeit im Labor wurden die Schüler aufgefordert, ihre Tätigkeiten schriftlich zu dokumentieren.

Die Erkundung der Funktionsweise des Wärmekissens hat den großen Vorteil, dass durchweg ungefährliche Inhaltsstoffe beteiligt sind, die mit vergleichsweise einfachen Methoden untersucht werden können. Während Lehrkräfte mit entsprechendem Vorwissen an dieser Stelle erfolgreich versuchten, Eisenionen nachzuweisen und auch das Vorhandensein von Chloridionen und Natriumkationen belegen konnten (Abb. 6), kamen die Schüler auf die verschiedensten und oft unerwarteten Ideen: Die einen versuchten festzustellen, ob die schwarze Substanz wirklich Aktivkohle war, indem sie diese im Vergleich mit reiner Aktivkohle verglühten. Die nächsten stellten die Hypothese auf, dass die braune Substanz Braunstein sei und dieser den Sauerstoff für die Oxidation des Eisens liefere. Andere vermuteten, dass Salze und Feuchtigkeit aus dem Schweiß für die Reaktion eine Rolle spielen und überprüften die Reaktionswärme des Gemisches bei verschiedenen Bedingungen. Eine andere Gruppe beobachtete, dass die Reaktion viel schwächer ablief, wenn das Pulver aus dem Pflaster herausgeholt wurde und stellte die Hypothese auf, dass die Konstruktion des Pflasters selbst eine Rolle spielen. Die nächsten lösten das Pulver in Wasser und beobachteten das Aufquellen von zähen, gelartigen Partikeln. Diese Beobachtungen führten die Betreuer schließlich an die Grenzen des eigenen Wissens – womit es für die Schüler erst richtig spannend wurde. Der plötzlich deutlich werdende Echtheitscharakter der aufgetauchten Fragen brachte einen besonderen Motivationsschub mit sich.

Zur Klärung wurde die Folie, die im Pflaster die Kammern für die Chemikalien bildet, mittels IR-Spektroskopie unter-

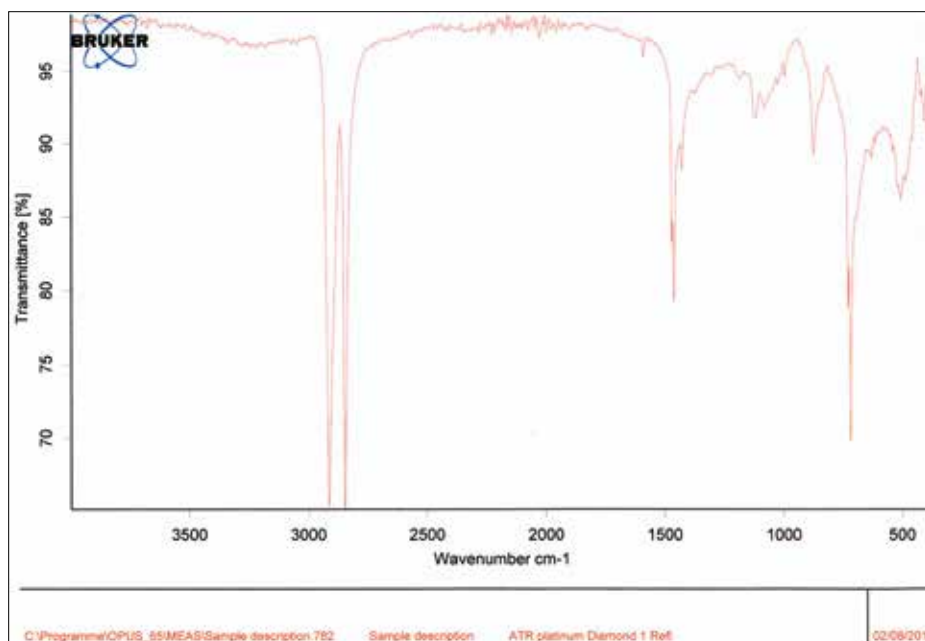


Abb 7a: IR-Spektrum der Folie aus einem Wärmepflaster (mit Interpretationsversuchen der SuS)

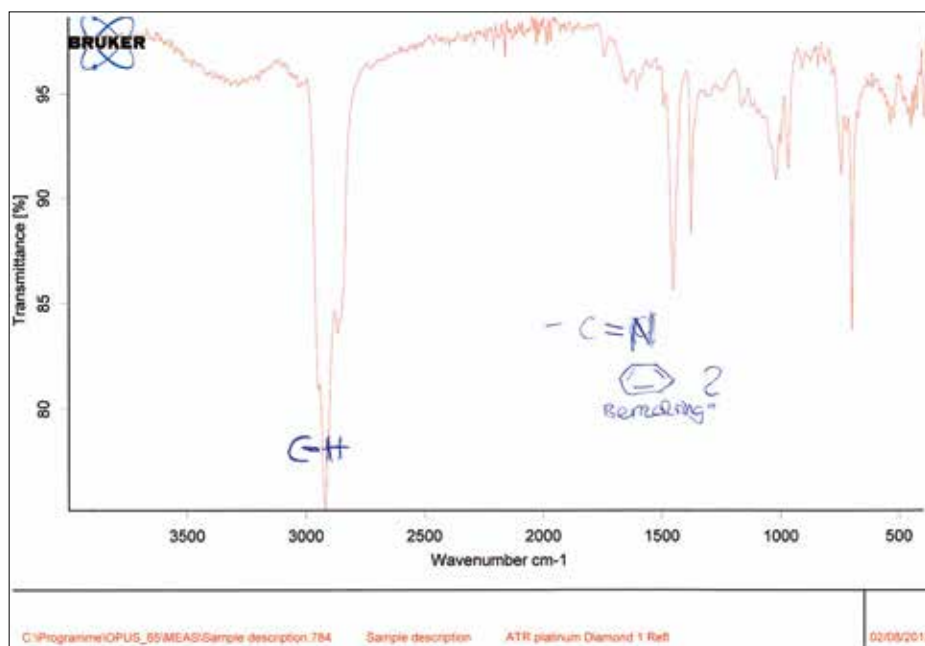


Abb 7b: IR-Vergleichs-Spektrum Mülltüte

sucht. Der Vergleich mit dem IR einer Mülltüte ergab die eindeutige Identifikation von Polyethylen (siehe Abb. 7a und b) und die Schüler erklärten sich die stärkere Wärmeentwicklung im Pflaster mit der die Wärme „drinnen“ haltenden Funktion dieser perforierten Folie. Die gelartigen Partikel erwiesen sich als zu flüchtig und so einer Untersuchung nicht unmittelbar zugänglich, weshalb hier die endgültige Klärung noch aussteht. Vorversuche weisen aber darauf hin, dass es sich um Polyacrylsäure („Superabsorber“; [11]) handeln könnte. Aus den Erkenntnissen der Experimente stellten die Schüler schließlich ihre optimierte Wärmekissenmischung zusammen und gaben sie in einen Gefrierbeutel. Die Betreuer füll-

ten aus einer Gasflasche Sauerstoff hinzu und ein Thermometer wurde oben in den zugehaltenen Beutel gesteckt. Nun erwies sich, welche Gruppe die beste Mischung „hinbekommen“ hatte – Temperaturen bis über 90° Celsius konnten gemessen werden!

Im Anschluss daran wurde ins Plenum zurückgekehrt. Jede Gruppe notierte nun anhand der schriftlichen Dokumentation ihre Ergebnisse auf einem Poster. Es folgte die Präsentation der Ergebnisse vor der „Scientific Community“ (Klasse) und die Bewertung der anfangs aufgestellten Hypothesen angesichts der neuen Befunde. Wie „im echten Forscherleben“ folgte oft ein sehr kritisches Hinterfragen der Vorgehensweisen durch die Mitschüler. Auch

wurde es nötig, eindeutig festzulegen, welche Gruppe welche Erkenntnisse gewonnen hatte, und welche Befunde man bei anderen im Labor „mitgekriegt“ hatte – eine urheberrechtliche Diskussion, die analog in der wissenschaftlichen Forschung nicht selten vorkommt. Am Ende wurden die Ergebnisse der verschiedenen Forschergruppen – entsprechend der Vorgehensweise in den Arbeitskreisen der Institute – zu einem Ergebnis zusammengefasst und an der Tafel „veröffentlicht“. Hiermit waren alle wichtigen Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges durchlaufen und mit Hilfe der Wandkarten dokumentiert. Eine abschließende Rekapitulation der Schritte schloss das Modul „Forschen Lernen“ ab. Für Seminare, die Virtual-Science-Fair oder Leistungskurse kann aus dieser Rekapitulation mit Hilfe des Arbeitsblattes (s. Online-Ergänzung: Kopiervorlage 2) direkt zur Planung des individuellen Forschungsvorhabens übergegangen werden. Den Schülern sind die Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges damit bekannt und sie haben einen Ablaufplan zur Hand, an dem sie sich bei der selbstständigen und experimentellen Beantwortung ihrer Fragestellung orientieren können.

Fazit

Wie die hier beschriebenen Methoden zeigen, ist eine spiralcurriculare Behandlung der Natur der Naturwissenschaft über die Jahrgangsstufen hinweg gut möglich und nach unserer Meinung stellen sie gangbare Wege dar, um eine wirkliche Wissenschaftspropädeutik zu einem grundlegenden Teil des Chemieunterrichts zu machen. ■

Literatur

- [1] D. Schwanitz, *Bildung – Alles was man wissen muss*. Goldmann-Verlag, (2002)
- [2] K. KMK, *Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II*, S.d.s.K.d.K.d.L.i.d.B. Deutschland, Editor. 2006.
- [3] C. Hößle, D. Höttecke, E. Kircher, *Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaft*. Schneider Verlag, Hohengehren, Baltmannsweiler (2003)
- [4] K. Engeln, *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*, in *Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät*. 2004, Christian-Albrechts-Universität Kiel: Kiel.
- [5] P. Guderian, B. Priemer, *Interesseförderung durch Schülerlaborbesuche – eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland*. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, *PhyDid 2* (7): p. 27–36 (2008)

[6] G. Jonas-Ahrend, T. Kreckel, *Science Fair mit E-Mentoren – Ein innovativer naturwissenschaftlicher Wettbewerb für Schüler der Sekundarstufe I*. MNU, 2013.

[7] K. Weirauch, E. Geidel, *Selbstständiges Experimentieren mit Egg-Races*. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, **63** (3): p. 45–49 (2014)

[8] M. Schwab, *Der „Heater“ – Ein neues Unterrichtsprojekt*. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, **69** (13): p. 43–44 (2002)

[9] C. Pöhls, M. Busker, *Rosten gegen Gelenkschmerzen?* *CHEMKON*, **20** (3): p. 131–139 (2013)

[10] P. Prechtel, F.-P. Burkard, *Metzlers Lexikon Philosophie – Begriffe und Definitionen*. 3. Auflage ed., Weimar Verlag J.B. Metzler, Stuttgart 2008

[11] K. Hock, I. Puchinger, *Didaktik und Mathematik der Chemie*, 2014, LMU. Pers. Mitteilung 25.11.2014.

Danksagung

(Die Autoren danken Christoph Bauer, Friedrich-Koenig-Gymnasium Würzburg für seine wertvollen Hinweise!)

Anschrift der Verfasser:

Katja Weirauch, Prof. Dr. Ekkehard Geidel
Anna-Luisa Hörnig, Holger Seefried
 Am Hubland, 97074 Würzburg
 E-Mail: Katja.Weirauch@uni-wuerzburg.de

TEMI – Forschendes Lernen mit Mysteries

R. Peleg, J. Dittmar, D. Katchevich, M. Yayon, R. Mamlok-Naaman, I. Eiliks

Dieser Beitrag stellt das Projekt TEMI – Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated vor. In diesem von der EU geförderten Projekt wird forschendes Lernen gefördert, indem in neun europäischen Ländern gemeinsam entwickelte Lehrerfortbildungen implementiert werden. Die gemeinsame Idee ist, über überraschende Phänomene forschendes Lernen zu motivieren und entlang eines spezifischen Modells zur Erkenntnisgewinnung umzusetzen. Illustriert wird dies in diesem Beitrag am Beispiel des Magic Sand.

Stichwörter: Forschendes Lernen, Mysteries,

1 Einleitung

Der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* der Bildungsstandards zielt darauf ab, dass Schülerinnen und Schüler verstehen, wie Fragestellungen aus Natur und Technik mit Hilfe naturwissenschaftlicher Methoden beantwortet werden können. Eine Möglichkeit, dies zu schulen, ist forschendes Lernen. Forschendes Lernen ist in der internationalen Naturwissen-

schaftsdidaktik unter dem Begriff des Inquiry-based Science Education (IBSE) einer der großen Trends der letzten Jahre geworden, wo immer wieder eine veränderte, offenere und stärker problemorientierte Experimentierpraxis für den naturwissenschaftlichen Unterricht gefordert wurde [1–4].

Der Begriff des Inquiry (britisch Enquiry) wird häufig auf die nationalen Bildungsstandards der USA in den 1990er Jahren zurückbezogen, wo Inquiry wie

folgt definiert wird: Inquiry is „the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work. Scientific inquiry also refers to the activities through which students develop knowledge and understanding of scientific ideas, as well as an understanding of how scientists study the natural world“ [5, S. 23].

Eine ganze Reihe von EU-Projekten hat in den letzten Jahren versucht, IBSE über die Entwicklung innovativer Unterrichtsmaterialien und über Lehrerfortbildungen