



Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts



ISSN 1606-3015 Ausgabe 1/2021

### **Impressum**

PLUS LUCIS, Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und des Fachausschusses Physik & Schule der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (VZR: 668472729) Erscheint vierteljährlich

#### Medieninhaber:

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts Adr.: AECC Physik Unversität Wien, Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien Web: https://www.pluslucis.org Mail: schriftenleitung@pluslucis.org

#### Redaktion:

Mag. Dr. Thomas Plotz (Leitung) Mag. Sarah Zloklikovits

### Verantwortlicher Herausgeber dieser Ausgabe:

Elisabeth Hofer Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie, Bereich Didaktik der Naturwissenschaften, Leuphana Universität Lüneburg. E-Mail: elisabeth.hofer@leuphana.de

Anja Lembens AECC Chemie, Universität Wien E-Mail: anja.lembens@univie.ac.at

#### HerausgeberInnenteam:

Univ.-Prof. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer Universität Graz, Physikdidaktik E-Mail: claudia.haagen@uni-graz.at

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf Universität Wien, Physikdidaktik E-Mail: martin.hopf@univie.ac.at

Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens Universität Wien, Chemiedidaktik E-Mail: anja.lembens@univie.ac.at

Prof. Dr. Thomas Wilhelm Universität Frankfurt, Physikdidaktik E-Mail: wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

#### Bezugshinweise:

Das Äbonnement der Zeitschrift ist für Vereinsmitglieder im Mitgliedsbeitrag inkludiert.

Ein institutionelles Abonnement (z. B. für Bibliotheken) ist zum Bezugspreis von 40 Euro im Jahr möglich.

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes Grundlegende Richtung: Fortbildung und fachliche Information für Physik- und ChemielehrerInnen, organisatorische Mitteilungen, Vereinsinterna.

Für die Inhalte der Artikel sind ausschließlich die namentlich genannten AutorInnen verantwortlich.

#### Titelbild (Umschlag):

Unterwasserfeuer Foto: Markus Herbst

#### **Inhalt**

Forschendes Lernen	4
Elisabeth Hofer & Anja Lembens	
Zwei Beispiele für Gelingensbedingungen für Forschendes Lernen im Chemieunterricht	8
Das Projekt INQUIRYsteps	12
Empfehlung  Markus Prechtl & Julia Werthmüller	18
Concept Cartoons – eine Möglichkeit, Forschendes Lernen zu unterstützen	19
Forschendes Lernen mit Leo	24
Kommentar der Herausgeberinnen Elisabeth Hofer & Anja Lembens	29
Warum friert der Eisbär nicht? Teresa Hanzl & Erich Reichel	30
Schneephysik – vom Knirschen und der Ruhe im Schnee Leo Ludick	33
Fragen stellen und Hypothesen generieren	34

### **Editorial**

Liebe Leser\*innen,

um in einer von naturwissenschaftlichen und technologischen Entwicklungen geprägten Gesellschaft fundierte Entscheidungen treffen und verantwortungsbewusst handeln zu können, bedarf es eines grundlegenden Wissens über naturwissenschaftliche Sachverhalte sowie der Fähigkeit, sich einfacher naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen zu bedienen. Forschendes Lernen ist ein Unterrichtsansatz, der die Entwicklung ebendieser Fähigkeit ermöglicht und fördert. Wird Forschendes Lernen entsprechend vorbereitet und kompetent umgesetzt, so wirkt es sich positiv auf das Lernen von und über die Naturwissenschaften sowie die Motivation und Einstellungen von Lernenden aus.

In diesem Themenheft stellen wir Forschendes Lernen als instruktionalen Ansatz vor und geben einen Einblick in grundlegende theoretische Konzepte sowie ausgewählte methodische Zugänge (Teil I). Mit ihren unterrichtspraktischen Beiträgen öffnen die Autor\*innen dieses Themenheftes die Türen in die Klassenzimmer, beginnend von der Primarstufe bis hin zur Sekundarstufe II. Die Artikel gewähren Einblicke in Projekte und die Umsetzung Forschenden Lernens im Chemieunterricht (Teil III) bzw. im naturwissenschaftlichen Sachunterricht (Teil III) an österreichischen Schulen.

Da die Bezeichnung 'Forschendes Lernen' häufig synonym für verschiedenste Unterrichtszugänge verwendet wird, wollen wir in einem einleitenden Artikel einen kurzen Überblick über zugrundeliegende theoretische Ansätze und instruktionale Modelle geben und damit einen konzeptuellen Rahmen für dieses Themenheft schaffen. Sandra Puddu ergänzt diesen ersten Teil des Heftes und behandelt zwei wesentliche Elemente bei der Umsetzung Forschenden Lernens, die Lernbegleitung (Scaffolding) sowie die stufenweise Implementierung in den Unterricht.

Im zweiten Teil dieses Heftes wird Forschendes Lernen im Chemieunterricht der Sekundarstufe beleuchtet. Brigitte Koliander, Sandra Puddu und Philipp Spitzer präsentieren das Projekt INQUIRYsteps, ein fachdidaktisches Entwicklungsund Forschungsprojekt. Dieser Beitrag gibt einen Einblick in eine Einheit Forschenden Lernens zum Thema 'Chemische Reaktionen' inklusive Lernbegleitung im digitalen Setting.

Daran anschließend erläutert Rosina Steininger, inwiefern der Einsatz von Concept Cartoons Forschendes Lernen unterstützen kann. Anhand ausgewählter Beispiele geht sie darauf ein, dass sich Concept Cartoons als Unterrichtswerkzeuge







Anja Lembens

sowohl für verschiedene Phasen als auch für unterschiedliche Zielsetzungen Forschenden Lernens eignen.

Der dritte Teil des Themenheftes widmet sich der Umsetzung Forschenden Lernens im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Im Beitrag "Forschendes Lernen mit Leo" stellen Anja Lembens und Christian Nosko ein Materialpaket vor, das einen Geschichtenband sowie didaktische Begleitmaterialien umfasst. Anhand exemplarischer Beispiele wird gezeigt, wie die Geschichten genutzt werden, um Erkenntnisgewinnungsprozesse zu initiieren und Forschendes Lernen auf verschiedenen Stufen der Offenheit durchzuführen.

Teresa Hanzl und Erich Reichel beschäftigen sich in ihrem Artikel mit der Frage "Warum friert der Eisbär nicht?" und legen dar, wie die Beobachtung eines Naturphänomens als Ausgangspunkt Forschenden Lernens genutzt werden kann. Den Abschuss des Heftes bildet ein Beitrag von Eva Freytag, in dem sie Anregungen zu Forschendem Lernen und den Besonderheiten bei dessen Umsetzung mit Volksschulkindern gibt. Dabei legt sie ein besonderes Augenmerk auf das eigenaktive Generieren und Formulieren von Fragen und Vermutungen.

Komplettiert wird das Heft von einer Empfehlung zur Verwendung von Open Educational Resources zum Thema Datenmanagement (Markus Prechtl und Julia Werthmüller) und einem Beitrag von Leo Ludick, in dem er "vom Knirschen und der Ruhe im Schnee" schreibt.

Wir freuen uns, Ihnen mit diesem Themenheft einen vielperspektivischen Blick auf Forschendes Lernen und dessen Umsetzung im Chemie- und Sachunterricht geben zu können. Im Namen aller Autor\*innen wünschen wir Ihnen viel Freude bei der Lektüre der Beiträge und hoffen, dass Sie interessante Informationen, wertvolle Hinweise sowie spannende Anregungen für Ihren eigenen Unterricht finden werden.

Elisabeth Hofer & Anja Lembens

# Forschendes Lernen

### Eine Einführung

Elisabeth Hofer & Anja Lembens

Schlagwörter: Forschendes Lernen, Kompetenzorientierung, Naturwissenschaftlicher Unterricht

# 1. Forschendes Lernen – ein instruktionaler Unterrichtsansatz

Forschendes Lernen (FL) (engl. Inquiry-based Learning) ist ein Unterrichtsansatz, der darauf abzielt, den Lernenden Wege der Erkenntnisgewinnung aufzuzeigen und erfahrbar zu machen. Zu diesem Zweck wird naturwissenschaftlichen Fragestellungen mit Hilfe von Untersuchungen nachgegangen, wobei den Lernenden eine aktive Rolle zukommt [1]. Sie beteiligen sich an für naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnungsprozesse typischen Aktivitäten, wie beispielsweise

- Fragen stellen und Hypothesen formulieren,
- Untersuchungen planen und durchführen,
- · Daten analysieren und interpretieren,
- · Modelle entwickeln und Erklärungen konstruieren,
- · auf Evidenzen basierend argumentieren,
- Informationen beziehen, evaluieren und kommunizieren,

oder führen diese eigenständig durch. Dadurch sollen sich die Lernenden nicht nur mit fachlichen Konzepten beschäftigen, sondern auch einen Einblick in naturwissenschaftliche Denkund Arbeitsweisen gewinnen [1, 2].

Zu den wesentlichen Merkmalen FLs zählen (a) das Vorhandensein einer Frage- oder Problemstellung als Ausgangspunkt, (b) ein auf diesen Ausgangspunkt abgestimmter Untersuchungsprozess sowie (c) die Nutzung der im Untersuchungsprozess gewonnenen Daten und Ergebnisse, um die anfangs definierte Frage- oder Problemstellung zu beantworten bzw. zu bearbeiten [1, 3]. FL kennzeichnet sich nicht durch eine spezifische Sozialform (z. B. Einzelarbeit, Partner\*innenarbeit, Kleingruppenarbeit) oder spezielle methodische Umsetzung (z. B. Stationenlernen, Gruppenpuzzle, Think-Pair-Share), sondern vielmehr durch die Gestaltung entlang der oben benannten Merkmale [4]. Demnach kann FL als instruktionaler Ansatz angesehen werden, der "ein breites Spektrum unterschiedlicher Ausprägungen umfasst" [4, S. 58], die in vielfältiger Art und Weise im Unterricht einund umgesetzt werden können. Zur Charakterisierung dieser verschiedenen Ausprägungen können etwa die verschiedenen Zielsetzungen FLs sowie das festgelegte Ausmaß an Offenheit herangezogen werden.

#### 1.1 Zielsetzungen Forschenden Lernens

FL beschränkt sich nicht auf die Bearbeitung inhaltlicher Aspekte, sondern rückt insbesondere die für die Naturwissenschaften typischen Denk- und Arbeitsweisen in den Fokus. Aus diesem Grund können neben Zielen der inhaltlichen (konzeptuellen) Ebene auch prozessorientierte (prozedurale) und erkenntnistheoretische (epistemische) Ziele verfolgt werden [5]. Abrams et. al definieren dementsprechend drei Zielsetzungen für FL [3, vgl. 4, S. 59]:

- 1. naturwissenschaftliche Konzepte lernen (learning science content; konzeptuelle Ebene im Fokus),
- 2. naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen lernen (learning to do inquiry; prozedurale Ebene im Fokus) und
- über naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen lernen (learning about inquiry; epistemische Ebene im Fokus).

Die Entscheidung darüber, welche dieser drei Zielsetzungen vorrangig adressiert werden soll, bestimmt die instruktionale Umsetzung von FL im Unterricht grundlegend. Eine Einheit FLs, im Rahmen derer von den Schüler\*innen konkrete fachliche Inhalte erarbeitet werden sollen, muss gänzlich anders konzipiert sein als eine Einheit, in der beispielsweise Kompetenzen zur Planung von Untersuchungen (z. B. die Variablenkontrollstrategie) erworben werden sollen [2, 4]. Insgesamt ist es ratsam, pro Einheit eine der drei Zielsetzungen in den Fokus zu rücken und gleichzeitig die Anforderungen in den anderen kognitiven Bereichen möglichst niedrig zu halten. Dies ermöglicht den Lernenden einerseits, ihren Weg der Erkenntnisgewinnung auch tatsächlich gehen zu können und trägt andererseits dazu bei, einer Überforderung durch zu viele und/oder zu komplexe Anforderungen vorzubeugen [6, 7].

#### 1.2 Offenheit Forschenden Lernens

Ein weiterer Faktor, der die instruktionale Gestaltung FLs maßgeblich beeinflusst, ist das Ausmaß an Eigenverantwortung der Lernenden – der Grad der Offenheit. In Abhängigkeit davon, welche Elemente des Erkenntnisgewinnungsprozesses durch die Lehrperson oder das Material vorgegeben werden und welche die Lernenden selbst bestimmen, werden verschiedene Stufen (Level) FLs unterschieden. Ein zugleich übersichtliches und weitverbreitetes Stufenmodell findet sich bei Blanchard et al. [8]. Wie in Tab. 1 dargestellt, werden in diesem Modell vier

Stufen – bestätigend (confirmation), strukturiert (structured), geleitet (guided) und offen (open) – unterschieden. Während auf Level 0 noch alle drei Elemente (Fragestellung, Untersuchungsmethoden, Datenauswertung und -interpretation) vorgegeben sind, wird mit jedem nächsthöheren Level eines dieser Elemente in die Verantwortung der Lernenden übergeben. Von FL auf Level 3 (offenes FL) wird dann gesprochen, wenn der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess von der Fragestellung bis zur Auswertung und Interpretation der Daten in den Händen der Lernenden liegt (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Die vier Level Forschenden Lernens nach Blanchard et al. [8, S. 581]

	Fragestellung	Untersuchungs- methoden	Datenauswer- tung und -interpretation
Level 0: bestätigend	von der Lehrperson vorgegeben	von der Lehrperson vorgegeben	von der Lehrperson vorgegeben
Level 1: strukturiert	von der Lehrperson vorgegeben	von der Lehrperson vorgegeben	in der Verantwortung der Lernenden
Level 2: geleitet	von der Lehrperson vorgegeben	in der Verantwortung der Lernenden	in der Verantwortung der Lernenden
Level 3: offen	in der Verantwortung der Lernenden	in der Verantwortung der Lernenden	in der Verantwortung der Lernenden

Da mit dem Wechsel in das nächsthöhere Level immer auch die Anwendung und das Üben zusätzlicher Kompetenzen (z. B. die Planung von Untersuchungen betreffend) einhergeht, wird eine schrittweise Einführung FLs, beginnend mit Level 0, empfohlen [9]. Der Beitrag von Sandra Puddu in diesem Heft geht näher auf diese Thematik ein.

#### 1.3 Unterstützung Forschenden Lernens

FL ist - entgegen einer durchaus verbreiteten Meinung nicht mit offenen, gänzlich selbstbestimmten oder nicht angeleiteten instruktionalen Zugängen gleichzusetzen [7, 10]. In der überwiegenden Mehrheit fachdidaktischer und bildungspolitischer Dokumente (Lehrpläne, Standards etc.) ist FL als lernendenzentrierter, jedoch von der Lehrperson geplanter und gesteuerter Unterrichtsansatz konzipiert [4]. Eine Strukturierung FLs kann beispielsweise mit Phasenmodellen, wie etwa dem 5E-Modell [11], gelingen. Eine andere Möglichkeit ist, die Schritte im Erkenntnisgewinnungsprozess entlang vereinfacht und modellhaft dargestellter "Forschungskreisläufe" orientieren [12, 13].

Entscheidend für eine zielgerichtete und gewinnbringende Umsetzung ist die adaptive Gestaltung der Lernumgebung. Die Zielsetzung und das Level FLs müssen einerseits mit den Aktivitäten und Aufgaben konsistent sein und andererseits auf die Voraussetzungen und Bedarfe der Lernenden abgestimmt werden [3, 8, 14]. Darüber hinaus ist es notwendig, die Lernenden im Erkenntnisgewinnungsprozess mit entsprechenden Unterstützungsmaßnahmen ("Scaffolding") zu begleiten [15] (siehe Abb. 1). Der an diesen Artikel anschließende Beitrag von Sandra Puddu geht näher auf die Ziele und Möglichkeiten der Lernbegleitung beim FL ein.



Abbildung 1: Abstimmung der Zielsetzung und des Levels mit den Aktivitäten und Aufgaben

#### 2. Forschendes Lernen - Altbekanntes in neuem Gewand?

FL ist bezogen auf dessen Grundidee tatsächlich keine "Erfindung" der letzten Jahrzehnte, sondern bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts immer wieder im Gespräch. So gaben etwa Dewey um 1910 [16] und Schwab um 1960 [17] die Empfehlung ab, dass Lernenden nicht nur die naturwissenschaftlichen Fachinhalte, sondern auch die disziplinspezifischen Methoden, Denk- und Arbeitsweisen nähergebracht werden sollten.

Spätestens mit der Einführung der National Science Education Standards [18] Mitte der Neunzigerjahre in den USA gewann FL zunehmend an Popularität. Durch die festgelegten Standards - eines der Themenfelder lautete explizit 'Science as Inquiry' [18] - wurden Unterrichtsansätze im Zeichen der Erkenntnisgewinnung unabdingbar. Diese Entwicklung - weg von der reinen Reproduktion inhaltlicher Aspekte hin zur disziplinspezifischen Anwendung dieser - erreichte mit etwas Verspätung in den 2000er-Jahren auch den deutschsprachigen Raum. Das Stichwort hierzulande lautete ,Kompetenzorientierung'.

#### 2.1 Forschendes Lernen und Kompetenzorientierung

In den Kompetenzmodellen für die naturwissenschaftlichen Fächer in der Sekundarstufe sind die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen in der Handlungsdimension abgebildet [19]. Der Prozess der Erkenntnisgewinnung ist dabei insbesondere im Handlungsbereich "Erkenntnisse gewinnen' (Sekundarstufe I [20] und AHS Oberstufe [21]) bzw. ,Untersuchen und Bearbeiten' (BMHS [22]) abgebildet. Wichtige Grundlagen für die Entwicklung dieser Kompetenzen werden bereits im Sachunterricht in der Primarstufe gelegt. Hier stehen die Erfahrungs- und Lernbereiche Natur bzw. Technik im Spannungsfeld zwischen dem Erleben und Deuten von Naturphänomenen durch die Schüler\*innen und den konzeptuellen und methodischen Anforderungen [23]. Im österreichischen Lehrplan für die Volksschule wird betont, dass der Unterricht sowohl das Gewinnen von Grundkenntnissen als auch das Erlernen fachspezifischer Arbeitsweisen anbahnen soll [24]. Hierzu gehört auch die altersangemessene Einführung und Übung von Elementen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse.

Die eingangs dargestellten "typischen" Aktivitäten naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung finden sich in den Formulierungen der einzelnen Kompetenzbeschreibungen wieder. Eine Synopse der Handlungsdimensionen der Kompetenzmodelle der Sekundarstufe ist unter [25] verfügbar. Ein Auszug daraus – ergänzt um Kompetenzbeschreibungen der Primarstufe – ist in Tab. 2 zu finden.

**Tabelle 2:** Exemplarische Kompetenzbeschreibungen zu den Aktivitäten "Fragen stellen und Hypothesen formulieren"

	Kompetenzbeschreibungen zu den Aktivitäten 'Fragen stellen und Hypothesen formulieren'
Primarstufe	"(…) aus Naturphänomenen sinnvolle Fragen ableiten; Versuche planen und durchführen, Vermutungen prüfen (…)" [23]
Sekundarstufe I	"(…) zu Vorgängen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen." [20]
Berufsbildendende mittlere und höhere Schulen (BMHS)	"() naturwissenschaftliche Fragestellungen analysieren und Untersuchungsfragen stellen." [22]
Oberstufe der allgemeinbildenden höheren Schulen (AHS)	"() zu Vorgängen in Natur und Technik Fragen stellen, Vermutungen aufstellen und Problemstellungen definieren, die mit Hilfe naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Untersuchungen bearbeitet bzw. überprüft werden können." [21]

FL ist demnach ein prädestinierter instruktionaler Ansatz, um kompetenzorientierten Unterricht umzusetzen und die Handlungsbereiche "Erkenntnisse gewinnen" bzw. "Untersuchen und Bearbeiten" zu adressieren.

# 2.2 Praktisches Arbeiten = Forschendes Lernen?

Worin liegt nun der Unterschied zwischen praktischem Arbeiten im ganz allgemeinen Sinn und FL? Eine Gemeinsamkeit von traditionellen "Schüler\*innenversuchen" und FL liegt mit Sicherheit darin, dass die Lernenden aktiv mit Geräten und Materialien interagieren. Während praktisches Arbeiten beispielsweise auch darin bestehen kann, das bloße Handling von Geräten zu üben (z. B. Umgang mit einer Pipette) oder Phänomene zu reproduzieren (häufig nach rezeptartigen Anleitungen), erfordert FL stets die Anwesenheit einer Fragestellung, der im weiteren Verlauf nachgegangen wird. Zudem ist es zentral, Daten strukturiert und zielgerichtet zu

erheben, um die gewonnenen Ergebnisse in einem nächsten Schritt auf die Fragestellung bezogen interpretieren zu können (siehe Abschnitt 1). Um einen Erkenntnisgewinnungsprozess durchzuführen, ist eine praktische Durchführung von Untersuchungen nicht unbedingt erforderlich – die Aktivitäten FLs können ebenso durch die Analyse von Vorgängen, die Arbeit mit Modellen oder Simulationen sowie die Verwendung bereits existierenden Datenmaterials durchgeführt werden. Umgekehrt stellt der Umgang mit Geräten und Materialien ("hands-on"-Aktivitäten) nicht automatisch eine Ausprägung FLs dar, insbesondere dann nicht, wenn die in Abschnitt 1 benannten wesentlichen Merkmale FLs nicht abgebildet sind [4].

#### 3. Forschendes Lernen - Pflicht oder Kür?

FL ist nicht nur durch die Kompetenzmodelle der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer in den Lehrplänen abgebildet, sondern auch – zumindest implizit – in den allgemeinen Teilen der Lehrpläne (z. B. 'Bildungs- und Lehraufgabe' oder 'Didaktische Grundsätze') verankert [4, 26]. Darüber hinaus werden die Aktivitäten, an denen sich Lernende im Rahmen FLs beteiligen (können), als unverzichtbar für den Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ('Scientific Literacy' [27]) angesehen [2].

Ergebnisse empirischer Untersuchungen zeigen zudem, dass FL sowohl zum Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte und Kompetenzen als auch zu deren nachhaltiger Verfügbarkeit bei den Lernenden beitragen kann – unter der Voraussetzung einer lernförderlichen instruktionalen Gestaltung [8, 28]. Wesentliche Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit FLs sind die Struktur und Konzeption von Aufgabenstellungen sowie die Begleitung der Lernenden im Erkenntnisgewinnungsprozess (Scaffolding; siehe Abschnitt 1.3) [29, 30].

Betrachtet man allerdings die Ergebnisse aus der PISA Studie 2015 (Schwerpunkt: naturwissenschaftliche Grundbildung), so zeichnet sich ab, dass FL offensichtlich nach wie vor nur selten den Einzug in die österreichischen Klassenzimmer findet. Dies zeigt sich unter anderem daran, dass es um die prozeduralen und epistemischen Kompetenzen österreichischer Schüler\*innen – verglichen mit deren inhaltlichem Wissen und deklarativen Kompetenzen – eher schlecht bestellt ist [31]. Die konsequente Einführung FLs im naturwissenschaftlichen Sachunterricht könnte auch dazu beitragen, den Abwärtstrend der Leistungen in der TIMS-Studie 2019 [32] zu stoppen.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass FL sowohl von bildungspolitischer als auch von empirischfachdidaktischer Seite als "Pflicht" angesehen wird. In der Unterrichtsrealität an Österreichs Schule stehen die Zeichen jedoch wohl noch eher auf "Kür".

FL ist ein vielschichtiger und komplexer instruktionaler Zugang, dessen zugrundeliegenden theoretischen und methodischen Konzepte in diesem Artikel nur überblicksmäßig dargestellt werden konnten. Nähere Ausführungen – insbesondere auch zur konkreten praktischen Umsetzung FLs – finden Sie in den nachfolgenden Beiträgen in diesem Heft. Darüber hinaus gibt es mittlerweile eine Vielzahl an theoretischen und unterrichtspraktischen Veröffentlichungen, auch im deutschsprachigen Raum. Eine kleine Auswahl an Arbeiten haben wir für Sie in einem Dokument gesammelt, das Sie als digitales Zusatzmaterial zu diesem Heft auf der Plus Lucis-Homepage abrufen können.

Elisabeth Hofer ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie, Bereich Didaktik der Naturwissenschaften an der Leuphana Universität Lüneburg.

Anja Lembens ist Universitätsprofessorin für Chemiedidaktik und Leiterin des Österreichischen Kompetenzzentrums für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) an der Universität Wien.

#### Literatur

- [1] National Research Council. Inquiry and the National Science Education Standards. National Academy Press; 2000.
- NGSS Lead States. Next generation science standards: For states, by states. Washington: National Academies Press; 2013.
- [3] Abrams E, Southerland SA, Evans CA. Introduction: Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In: Abrams E, Southerland SA, Silva PC, (Hrsg.). Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities. Charlotte: IAP; 2008. S. xi-xlii.
- [4] Hofer E, Puddu S. Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht – Begrifflichkeiten, Ausprägungen, Zielsetzungen. In: Eghtessad A, Kosler T, Oberhauser C, (Hrsg.). transfer Forschung – Schule: Forschendes Lernen. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt; 2020. S. 57-71.
- [5] Furtak EM, Seidel T, Iverson H, Briggs DC. Experimental and quasiexperimental studies of inquiry-based science teaching: a meta-analysis. Review of educational research. 2012; 82(3): 300-329.
- [6] Vorholzer A, von Aufschnaiter C. Guidance in inquiry-based instruction – an attempt to disentangle a manifold construct. International Journal of Science Education. 2019; 41(11): 1562-1577.
- [7] Hmelo-Silver CE, Duncan RG, Chinn CA. Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). Educational Psychologist. 2007; 42(2): 99-107.
- [8] Blanchard MR, Southerland SA, Osborne JW, Sampson VD, Annetta LA, Granger EM. Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. Science Education. 2010; 94(4): 577-616.
- [9] Lederman NG. What did you do in science today? In: Abrams E, Southerland SA, Silva P, (Hrsg.). Inquiry in the classroom: Realities and opportunities. Charlotte: IAP; 2008. S. 25-35.
- [10] Kirschner PA, Sweller J, Clark RE. 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. 2006; 41(2): 75-86.
- [11] Bybee RW. The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. Colorado Springs: BSCS. 2009;
- [12] Justice C, Warry W, Cuneo C, Inglis S, Miller S, Rice J, et al. A grammar for inquiry: Linking goals and methods in a collaboratively taught social sciences inquiry course. In: Society for Teaching and Learning in Higher Education. The Alan Blizzard award paper: Windsor: McGraw-Hill Ryerson; 2002.
- [13] Koliander B, Steininger R. Forschendes Lernen auf Level 2: Schülerinnen und Schüler planen selbständig die Durchführung von Versuchen. Chemie & Schule. 2018; 33(1/2018): 11-12.
- [14] Jiang F, McComas WF. The effects of inquiry teaching on student science achievement and attitudes: Evidence from propensity score analysis of PISA data. International Journal of Science Education. 2015; 37(3): 554-576.
- [15] Hofer E. Scaffolding im Rahmen von Inquiry-based Learning. Unterstützung der Lernenden auf ihrem Weg zur Erkenntnisgewinnung. IMST-Newsletter. 2020; 50: 15-18. Verfügbar unter: https://www.imst.ac.at/app/webroot/files/ueber\_imst/oeffentlichkeitsarbeit/imst\_newsletter\_50\_final.pdf [15.01.2021]

- [16] Dewey J. Science as subject-matter and as method. Science. 1910; 121-127.
- [17] Schwab JJ, Brandwein PF. The teaching of science as enquiry. The teaching of science. 1962: 3-103.
- [18] National Research Council. National science education standards. National Academy Press; 1996.
- [19] Kern G, Koliander B, Lembens A. Wissen und Können erwerben, anwenden und sichtbar machen – Kompetenzmodelle in den naturwissenschaftlichen Fächern. Plus Lucis. 2017; 1/2017: 19-23.
- [20] BIFIE. Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe. 2011.
- [21] Bundesministerium für Bildung. Lehrpläne allgemeinbildende höhere Schulen – Bundesgesetzblatt II Nr. 219/2016 vom 9. August 2016. 2016; S. 79–84.
- [22] Faissner E, Flöry P, Jaklin J, Kiss A, Koliander B, Lang O, et al. Naturwissenschaftliche Bildungsstandards. Berufsbildende Höhere Schulen. Das Kompetenzmodell. 2009. Verfügbar unter: http://www. bildungsstandards.berufsbildendeschulen.at/fileadmin/content/bbs/ AGBroschueren/NaturwissenschaftenBHS\_Vers.09.pdf [15.01.2021]
- [23] Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, Perspektivrahmen Sachunterricht. 2013, Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- [24] Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Lehrplan der Volksschule Sachunterricht. 2012. Wien.
- [25] Kern G, Koliander B, Lembens A. Online-Ergänzung zum Artikel "Wissen und Können erwerben, anwenden und sichtbar machen". 2017. Verfügbar unter: https://aeccc.univie.ac.at/fileadmin/user\_upload/z\_aeccc/AECC\_Chemie/Fuer\_Lehrer\_innen/Unterrichtsmaterialien/Plus\_Lucis/161121\_Online-Ressource\_Synopse\_Handlungsdimension\_Sek\_I\_AHS\_BHS.pdf [15.01.2021]
- [26] Hofer E, Abels S, Lembens A. Inquiry-based learning and secondary chemistry education – a contradiction? Research in Subject-matter Teaching and Learning (RISTAL). 2018; 1: 51-65.
- [27] OECD. PISA 2018 Assessment and Analytical Framework. Paris: OECD Publishing; 2019.
- [28] Minner DD, Levy AJ, Century J. Inquiry-based science instruction what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. Journal of Research in Science Teaching. 2010; 47(4): 474-496.
- [29] Lazonder AW, Harmsen R. Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. Review of Educational Research. 2016; 86(3): 681-718
- [30] Alfieri L, Brooks PJ, Aldrich NJ, Tenenbaum HR. Does discovery-based instruction enhance learning? Journal of educational psychology. 2011; 103(1): 1-18.
- [31] Suchan B, Breit S. PISA 2015. Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich. Graz: BIFIE; 2016.
- 32] Itzinger-Bruneforth, U., Hrsg., TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Österreich im internationalen Vergleich. 2020, Salzburg: IQS.

# Zwei Beispiele für Gelingensbedingungen für Forschendes Lernen im Chemieunterricht

Sandra Puddu

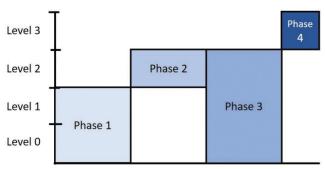
**Schlagwörter:** Forschendes Lernen, Implementierung, Lernbegleitung, Sprachsensibilität, Naturwissenschaftlicher Unterricht

#### 1. Einleitung

Beim Durchführen von Forschendem Lernen werden den Lernenden viele Fähigkeiten und Fertigkeiten abverlangt. Die Lernenden sollen naturwissenschaftliche Fragestellungen formulieren, Modelle entwickeln und anwenden, Untersuchungen planen und durchführen, Daten analysieren und interpretieren, mathematisches Denken einsetzen, Erklärungen formulieren, Interpretationen argumentieren und die erhaltenen Ergebnisse evaluieren und kommunizieren [1]. Alle diese Schritte des Forschenden Lernens den Schüler\*innen auf einmal zu überantworten, würde zu einer Überforderung und zu Frustration auf Seiten der Schüler\*innen und der Lehrer\*innen führen. Das Durchführen Forschenden Lernens als auch das Erlernen fachlicher Inhalte ist für Schüler\*innen sehr herausfordernd, deswegen sollte das Level des Forschenden Lernens den Fähigkeiten, Fertigkeiten und dem Wissen der Lernenden angepasst sein [2]. In diesem Artikel werden zwei Gelingensbedingungen vorgestellt, die eine Überforderung der Schüler\*innen und auch der Lehrpersonen verhindern sollen. Zuerst wird eine schrittweise Einführung [3] in das Forschende Lernen beschrieben. Danach wird auf Scaffolding, also auf die Lernbegleitung durch die Lehrperson, eingegangen.

# 2. Gelingensbedingung 1: Einführung Forschenden Lernens in vier Phasen

Als eine Möglichkeit, Forschendes Lernen einzuführen, soll hier ein vierstufiger Ansatz (Phasen) vorgestellt werden (siehe Abb. 1) [4]. Dieser Ansatz wurde auf Basis einer Analyse von Unterricht entwickelt. Dazu wurde eine Lehrperson einer 9. Schulstufe einer städtischen Handelsakademie ein Jahr lang begleitet und unter anderem die Einführung Forschenden



**Abbildung 1:** Zusammenhang der Phase mit den verwendeten Level von Forschendem Lernen (vereinfacht) [4]

Lernens untersucht. Die Klasse dieser Lehrperson war besonders wegen der hohen Diversität interessant. Es wurden z. B. 14 Sprachen gesprochen und der Altersunterschied zwischen den jüngsten und den ältesten Lernenden betrug drei Jahre. Es wurden Unterrichtsvideos, bearbeitete Arbeitsblätter und Protokolle der Schüler\*innen analysiert. Aus dieser Analyse ergaben sich vier Phasen der Einführung Forschenden Lernens, die im Folgenden vorgestellt werden sollen.

# 2.1. Phase 1: Vorstellung des Forschenden Lernens

In dieser Phase, zu Beginn des Schuljahres, lernten die Schüler\*innen vieles kennen: neue Geräte, Chemikalien und neue Regeln im Unterricht. Deswegen wurden hier Level 0 und Level 1 Versuche verwendet (siehe einführender Artikel von Hofer und Lembens). Um die Komplexität zu reduzieren, wurden Level 0 Versuche verwendet, wenn z. B. neue Geräte oder neuer Inhalt eingeführt wurden. Waren die Schüler\*innen schon vertraut mit dem Durchführen von Versuchen, wurden Level 1 Versuche eingeführt, bei denen die Schüler\*innen die Ergebnisse der gemachten Versuche interpretieren konnten. Hier standen das inhaltliche Lernen im Mittelpunkt sowie die Schritte der Datenauswertung und des Interpretierens.

# 2.2. Phase 2: Weitere Öffnung – Erhöhung des Levels Forschenden Lernens

Zu diesem Zeitpunkt stellte die Lehrperson einen idealisierten Forschungszyklus vor und zeigte den Schüler\*innen, welche Schritte sie bisher schon alleine gehen konnten und welche Schritte sie als nächstes selbst übernehmen sollten. Hier wurde auf Level 2 erhöht, dies bedeutet, dass die Schüler\*innen nun auch die Methodenwahl selbst übernehmen sollen. Um das zu üben, reduzierte die Lehrperson die Komplexität des Fachinhalts. Da nun die Schüler\*innen über die Methode und die verwendeten Geräte und Chemikalien bestimmen durften (in Absprache mit der Lehrperson), konnten diese Materialien nicht mehr im Vorfeld vorbereitet werden. Deswegen wurde die Aufgabe an zwei unterschiedlichen Tagen erledigt. Während der ersten Einheit planten die Schüler\*innen und erstellten eine Liste der benötigten Materialien und Chemikalien. Auch dabei wurden sie von der Lehrperson begleitet. In der nächsten

Einheit konnten die Schüler\*innen mit den von der Lehrperson bereitgestellten Materialien die Versuche durchführen.

#### 2.3. Phase 3: Flexible Anwendung der **Level Forschenden Lernens**

In dieser Phase wurden die Level des Forschenden Lernens flexibel eingesetzt, je nach den angestrebten Zielen. Wenn ein neues Thema, neue Konzepte oder eine neue Arbeitsmethode eingeführt werden sollten, wurde ein niedrigeres Level (Level 0 oder Level 1) verwendet. Sollte ein Inhalt wiederholt oder auf die Durchführung der Schritte des Forschende Lernen, wie z. B. Variablenkontrolle oder Interpretation von Daten, fokussiert werden, so wurde Level 2 eingesetzt.

#### 2.4. Phase 4: Fragen stellen -Erhöhung auf Level 3

Gegen Ende des Schuljahres wollte die Lehrperson den Schüler\*innen ermöglichen, eigenen Fragen nachzugehen, also eine Aufgabe auf Level 3 zu bearbeiten. Dazu wiederholte sie den idealisierten Forschungszyklus und zeigte auf, welche Teile im Untersuchungsprozess die Schüler\*innen bisher selbst übernommen hatten und dass das Formulieren einer naturwissenschaftlich beantwortbaren Frage noch offen ist. Im Zuge dessen wurde auch besprochen, wie man eine Frage formulieren kann, der man mit naturwissenschaftlichen Methoden nachgehen kann. Um Ideen für Fragen zu generieren, die die Schüler\*innen stellen könnten, wurden einfache, aber spannende Versuche auf Level 0 gemacht. Im Anschluss daran wurden die Schüler\*innen gebeten, innerhalb dieser, durch die simplen Versuche vorgestellten Kontexte, eigene Fragen zu entwickeln und diesen auf Level 3 nachzugehen.

Die Schüler\*innen wurden in jedem Schritt durch die Lehrperson begleitet. Wie dies aussehen kann, wird im Folgenden beschrieben.

#### 3. Gelingensbedingung 2: Das Scaffolding

Die Bedeutung des Worts Scaffolding geht auf das englische Wort scaffold zurück, das übersetzt Baugerüst bedeutet. Das soll symbolisieren, dass die Lernenden ein Gerüst für den Aufbau von Kompetenzen brauchen, das wieder abgebaut werden kann, sobald diese Kompetenzen erreicht worden sind. Dies bedeutet, dass Hilfestellungen nur solange gegeben werden sollen, solange die Lernenden diese benötigen [5]. In der deutschen Sprache wird das Wort "Lernbegleitung" oft synonym zu Scaffolding verwendet.

Prinzipiell sollten Schüler\*innen in der Zone der nächsten Entwicklung lernen [6]. Das bedeutet, dass die Aufgaben mit Hilfestellungen bewältigbar sind, ohne Hilfestellungen allerdings noch nicht. Durch die gestellten Aufgaben soll der nächste Entwicklungsschritt ermöglicht werden. Wenn die Anforderungen zu hochgesteckt sind und die Aufgaben trotz

Hilfestellungen nicht bewältigt werden können, führt das zu Frustration bei den Lernenden. Sind die Aufgabenstellungen hingegen zu leicht, dann langweilen sich die Lernenden. Deswegen ist die Zone dazwischen, wo die Aufgaben anspruchsvoll sind und mit dem Scaffolding der Lehrpersonen oder durch Hilfe anderer Lernenden bewältigbar sind, am ergiebigsten.

Durchdachtes und ständiges Scaffolding ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg von und auch ein Kriterium für das Gelingen Forschenden Lernens [7, 8]. Die Lernenden brauchen Unterstützung in den Bereichen, in denen sie noch nicht sattelfest sind. Diese Unterstützung kann methodische Hilfen oder auch Unterstützung beim Aufbau oder der Anwendung chemischer Konzepte umfassen. Sie benötigt viel Vorarbeit und Aufmerksamkeit seitens der Lehrperson. Eine Auswahl an Unterstützungsmaßnahmen soll im Folgenden vorstellt werden.

Prinzipiell wird zwischen Macro-Scaffolding und Micro-Scaffolding unterschieden [9]. Das Macro-Scaffolding umfasst alle Tätigkeiten, die als Lehrperson im Vorfeld geleistet werden können, z. B. die Auswahl der Aufgaben, die Gestaltung von Arbeitsblättern, die (Vor-)Auswahl der Materialien, Zusatzinformationen und Hilfestellungen, die eventuell von einigen Schüler\*innen benötigt werden könnten etc.

Das Micro-Scaffolding kann als ad-hoc Scaffolding beschrieben werden. Hier wird auf die Situation im Klassenzimmer eingegangen und spontan darauf reagiert. Dabei kann idealerweise auf die Materialien zurückgegriffen werden, die im Vorfeld (Macro-Scaffolding) vorbereitet wurden.

Doch wie kann Scaffolding in der Vorbereitung und später im Klassenzimmer konkret aussehen? Zuerst soll Micro-Scaffolding im Bereich Forschenden Lernens und im Bereich Sprache vorgestellt werden, gefolgt vom Macro-Scaffolding im Bereich Sprache.

#### 3.1. Scaffolding bei der Durchführung Forschenden Lernens

Gerade auf den höheren Levels Forschenden Lernens sollte das Scaffolding durch die Lehrperson zwischen den Polen Unterstützung und Freiheit ausbalanciert werden [10]. Es gibt einige Strategien im Micro-Scaffolding, wie Schüler\*innen unterstützt werden können. Die Lehrperson kann offene und echte Fragen stellen, wie z. B. "Warum schließt du das aus den Daten?" [11]. Hier kann die Lehrperson ehrliches Interesse zeigen und erkennt gleichzeitig, welche Gedankenprozesse stattgefunden haben und kann durch gezieltes Nachfragen zum weiteren Denken anregen. Werden die Level Forschenden Lernens genauer betrachtet, treten bei jedem Level unterschiedliche Aspekte in den Fokus dieser Fragen.

Bei Level 0 ist es wichtig, dass die Schüler\*innen die Aufgabe verstehen und durchführen können. Hier kann die Lehrperson Verstehensfragen stellen und wenn nötig, mündlich nachsteuern. Öfter werden auch Geräte oder die Handhabung von Geräten zu erklären sein, z. B. wie man pipettiert oder einen Umschlagspunkt erkennt. Bei diesem Level ist es auch wichtig, dass die Lehrperson Aufmerksamkeit zeigt und auch lobt, wenn die Aufgabe gut erledigt worden ist [4].

Bei Level 1 sollen die Schüler\*innen die gewonnenen Daten interpretieren. Hier kann die Lehrperson durch Aktivierung des benötigten Vorwissens unterstützen. Bei der Interpretation kann es auch helfen, zu fokussieren und durch gezieltes Nachfragen dazu beizutragen, die Gedanken der Schüler\*innen zu ordnen. Eine Frage kann z. B. lauten: "Du hast gerade die Formel beschrieben. Wie passen nun deine Daten in diese Formel?" Manchmal brauchen Schüler\*innen auch nur eine Bestätigung oder Spiegelung ihrer Gedanken, um einen weiteren Gedankenschritt zu gehen [4]. Bei einer Reflexion über Forschung ist auch oft eine Lernbegleitung notwendig, etwa bei der Fehlerbetrachtung. Typische Fehler können z. B. nicht konstant gehaltene Bedingungen, falsch abgelesene Werte, verschmutzte oder verwechselte Chemikalien sein.

Bei Level 2 übernehmen die Schüler\*innen nun auch die Verantwortung für die Wahl der Methode, mit der eine Fragestellung bearbeitet werden soll. Deswegen ist es hier wichtig abzuklären, ob die Fragestellung verstanden wurde. Hier kann man die Schüler\*innen die Frage in eigenen Worten reformulieren lassen. Hilfreich ist es hier auch, nach einer Hypothese zu fragen, da dadurch oft die Planung der Untersuchung leichter fällt [4]. Im Folgenden könnten Fragen lauten: "Wie möchtest du die Hypothese überprüfen?", "Warum möchtest du mit dieser Methode die Forschungsfrage beantworten?" und "Welche Daten kannst du mit dieser Methode erhalten?". Die Unterstützung der weiteren Schritte wurde bei Level 1 schon beschrieben.

# 3.2. Scaffolds im Bereich Sprache beim Forschenden Lernen

Es gibt viele Bereiche und Möglichkeiten, wie im Rahmen Forschenden Lernens beim Verwenden und Verstehen der Sprache unterstützt werden kann. Ein paar dieser Möglichkeiten sollen im Folgenden vorgestellt werden (Tab. 1).

Tabelle 1: Auswahl an Möglichkeiten für sprachliche Scaffolds

Micro-Scaffolding	Macro-Scaffolding
Mündliche Erklärungen	Überschriften, Aufzählungen
Worterklärungen	Satzlänge, Satzstruktur
Zuordnung Fachbegriff – Gerät/ Vorgang	Visualisierung

# Sprachliche Scaffolds im Bereich Micro-Scaffolding

Mündliche Erklärungen können durch die Lehrperson gegeben werden, falls eine Aufgabenstellung nicht oder falsch verstanden wurde. Dabei wird die Komplexität der Sprache noch einmal reduziert.

Worterklärungen sind z. B. bei jenen Wörtern wichtig, die die Schüler\*innen nicht, oder aus einem anderen Kontext kennen. Ein Beispiel ist das Wort "spröde". Manche Schüler\*innen kennen das Wort eher im Zusammenhang mit Haarstruktur. Darauf kann die Erklärung z. B. von spröden Salzen aufgebaut werden

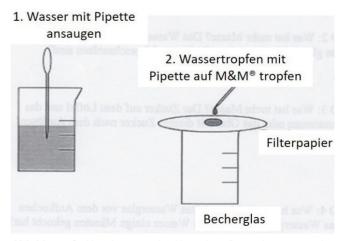
Die **Zuordnung Fachbegriff – Gerät/Vorgang** ist beim Micro-Scaffolding immer wieder nötig, da hier auch die Aussprache geübt werden kann. Der Zusammenhang zwischen Fachwort, Gerät und Vorgang (z. B. Verwendung des Geräts) wird hier geklärt.

# Sprachliche Scaffolds im Bereich Macro-Scaffolding

Naturwissenschaftliche Disziplinen haben eine eigene Fachsprache. Teilweise haben alltägliche Begriffe in einem fachspezifischen Kontext eine andere Bedeutung. Das bereitet vielen Schüler\*innen Schwierigkeiten. Noch dazu sind viele klassische Aufgabenstellungen in Form von Fließtexten verfasst. Besser wäre ein strukturierter Text mit passenden Überschriften und Aufzählungen, die die Aufgabenstellung übersichtlicher machen.

Satzlänge und Satzstruktur: Vorteilhaftsind auch kürzere Sätze mit einfachen Satzstrukturen, denn der naturwissenschaftliche Inhalt gemeinsam mit dem Fachvokabular ist schon schwierig genug.

Abb 2. zeigt ein Beispiel zu **Visualisierungen**. Hier wird eine Handlung durch Bilder unterstützt, nämlich das Pipettieren eines Tropfen Wassers zur Durchführung einer Papierchromatographie. Das ist besonders vorteilhaft, wenn neue Geräte oder Arbeitstechniken eingeführt werden.



**Abbildung 2:** Visualisierung des Versuchs: "Papierchromatographie von Farbstoffen" [4]

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Forschendes Lernen ist für Schüler\*innen und für Lehrpersonen sehr herausfordernd. Eine Überforderung soll vermieden werden. Deswegen wird eine langsame Einführung empfohlen. Eine Möglichkeit eines schrittweisen Vorgehens wurde in diesem Artikel beschrieben. Eine zweite Maßnahme, um Überforderung zu vermeiden, ist Scaffolding, sowohl in der Vorbereitung von Materialien und Anleitungen (Macro-Scaffolding), als auch bei der Begleitung der Schüler\*innen direkt im Unterricht (Micro-Scaffolding). In diesem Artikel wurden dazu einerseits Hilfestellungen beschrieben, die Schüler\*innen bei der Durchführung von Untersuchungen unterstützen. Andererseits wurde auf Hilfen eingegangen, die beim Aufbau sprachlicher Kompetenzen, auch im Bereich der Fachsprache, wichtig sind. Weitere Anregungen für den sprachsensiblen Fachunterricht sind z.B. bei den Methodenwerkzeugen von Leisen zu finden [12].

Langfristig sollen diese Maßnahmen beim Durchführen Forschenden Lernens das Lernen in der Zone der nächsten Entwicklung ermöglichen und zu einem häufigeren Einsatz Forschenden Lernens im Unterricht beitragen.

Sandra Puddu ist mitverwendete Lehrperson am Österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) an der Universität Wien, an der Pädagogischen Hochschule Wien, an der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich im Rahmen von IMST und an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Wien/Krems.

#### Literatur

- NGSS Lead States, Next Generation Science Standards: For States, By States. 2013, Washington DC: The National Academies Press.
- Abrams, E., S.A. Southerland, and C. Evans, Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition, in Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities, E. Abrams, S.A. Southerland, and P. Silva, Hrsg. 2008, Information Age Publishing: Charlotte, North Carolina, S. xi-xlii.
- Lederman, N.G., What did you do in science today?, in Inquiry in the classroom. Realities and Opportunities, E. Abrams, S.A. Southerland, and P. Silva, Hrsg. 2008, Information Age Publishing: Charlotte, North Carolina. S. 25-35.
- Puddu, S., Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry. Studien zum Physik- und Chemielernen, hrsg. H. Niedderer, H. Fischler, and E. Sumfleth. Vol. 247. 2017, Berlin: Logos. 171.
- Sawyer, K.R., Introduction: The New Science of Learning, in The Cambridge Handbook of the Learning Sciences, K.R. Sawyer, Hrsg. 2006, Cambridge University Press: Cambridge. S. 1-18.
- Vygotsky, L., Interaction between learning and development., in Mind and Society. 1978, Harvard University Press: Cambridge. S. 79-91.
- Hmelo-Silver, C.E., R. Golan Duncan, and C.A. Chinn, Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). Educational Psychologist, 2007. 42(2): S. 99-107.

- Blanchard, M.R., et al., Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. Science Education, 2010. 94(4): S. 577-616.
- Hammond, J. and P. Gibbons, Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. Prospect, 2005. 20(1): S. 6-30.
- De Jong, O. and A.E. Van der Valk, Science Teachers' PCK and Teaching Practice: Learning to Scaffold Students' Open-Inquiry Learning, in Contributions from Science Education Research, R. Pinto and D. Couso, Hrsg. 2007, Springer: Dordrecht. S. 107-118.
- [11] Furtak, E.M., The Dilemma of Guidance. An Exploration of Scientific Inquiry Teaching. 2008, Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- [12] Leisen, J., Handbuch Sprachförderung im Fach: sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach: [1]: Grundlagenteil. 1. Aufl. überarbeitet 2015 2016 2017. 2013, Stuttgart: Klett Sprachen. X, 230 S., III., graph. Darst.

### Das Projekt INQUIRYsteps

### Ein Beispiel für digitale Lernbegleitung beim Forschenden Lernen am Thema "Chemische Reaktionen"

Brigitte Koliander, Sandra Puddu & Philipp Spitzer

Schlagwörter: Forschendes Lernen, Lernbegleitung, Digitale Medien, Chemieunterricht



Abbildung 1: Startseite von www.inquirysteps.com/lernschachteln/lernschachtel-chemische-reaktionen

#### 1. Einleitung

Das Durchführen Forschenden Lernens in Klassen hoher Diversität bringt große Herausforderungen mit sich. Um Lehrpersonen bei der Umsetzung Forschenden Lernens in solchen Klassen zu unterstützen, wurde das Projekt INQUIRYsteps, ein fachdidaktisches Entwicklungs- und Forschungsprojekt, ins Leben gerufen. In diesem Projekt werden auf Basis aktueller Forschungserkenntnisse und unter Einbeziehung der Erfahrungen mit Klassen hoher Diversität Hilfestellungen für Lernende entwickelt, die über digitale Medien abgerufen werden können [1]. Dadurch soll Schüler\*innen eine individuelle und eigenständige Arbeit ermöglicht und es sollen die Lehrpersonen bei der Begleitung Forschenden Lernens unterstützt werden. Die erstellten Materialien werden in Schulen eingesetzt und erprobt. Auf Basis der Erkenntnisse aus der Evaluierung werden die Materialien weiterentwickelt. Abb. 1 zeigt einen Screenshot der Startseite. In diesem Projekt kooperieren die Pädagogische Hochschule Niederösterreich, das Österreichische Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie an der Universität Wien, die Universität Graz und die Pädagogische Hochschule Wien.

#### 2. Lernen über chemische Reaktionen in der Sekundarstufe I

Die Frage danach, was eine chemische Reaktion ist und was sie von anderen Vorgängen unterscheidet, steht meist schon am Beginn des Unterrichts in Chemie. Diese Frage ist nicht trivial, nicht schnell zu beantworten und doch zentral im Chemieunterricht. Hier kann eine schrittweise Annäherung versucht werden. Ein erster Schritt kann sein, dass Schüler\*innen an Beispielen beobachten können, wie Stoffe sich durch chemische Reaktionen in neue Stoffe mit neuen Eigenschaften umwandeln. Wichtig ist dabei, dass die Lernenden diese

Beobachtungen auch beschreiben und, durchaus noch auf Basis der mitgebrachten Präkonzepte, interpretieren und ihre Interpretationen diskutieren. Als Präkonzepte zum Thema "Chemische Reaktionen" nennt Barke [2] vier Beispiele:

- animistische Vorstellungen (feuchtes Holz "will" nicht
- Umwandlungskonzepte betreffend die Änderung von Stoffeigenschaften ohne chemische Reaktion (Kupfer "wird" grün),
- Mischungskonzepte (Wasser "besteht" aus Wasserstoff und Sauerstoff),
- Vernichtungsvorstellungen (Kalkrückstände "aufgelöst", Holz "verbrennt" - beides ist danach verschwunden).

Das Konzept der chemischen Reaktion kann nur verstanden werden, wenn eine Vorstellung von den Prozessen entwickelt wird, die auf submikroskopischer Ebene ablaufen. Hierfür sind mehrere aufeinander aufbauende Lernzyklen notwendig. Der erste Zyklus kann am Anfang des Chemieunterrichts, wie hier vorgeschlagen wird, mit der Beobachtung chemischer Reaktionen und mit der Frage, was dabei mit den Stoffen geschieht, beginnen.

#### 3. Bezug zum Lehrplan der Sekundarstufe I

Kurz soll der Bezug dieses Themenbereichs zum Lehrplan der Mittelschule [3] aufgezeigt werden. Im Lehrplan wird als übergreifendes Ziel genannt, "die Schülerinnen und Schüler mit dem Wissen und den Grundfähigkeiten zur Bewältigung stofflicher Alltags-, Freizeit-, Lebens- und Berufsphänomene auszustatten" [3, S. 72]. Als Schritte zu diesem Ziel werden zwei von fünf Hauptthemen "Einteilung und Eigenschaften der Stoffe" und "Grundmuster chemischer Reaktionen" vorgegeben. Schon bei der Behandlung der Einteilung der Stoffe ergeben sich erste Fragen der Schüler\*innen zu den chemischen Reaktionen, die in der Lerneinheit "INQUIRYsteps: Chemische Reaktionen" bearbeitet werden. Was ist ein Stoff? Was ist eine chemische Reaktion? Zuerst kann dies nur phänomenologisch und ausgehend von der Erfahrungswelt der Schüler\*innen erfolgen. Erst danach erfolgt laut Lehrplan die Konfrontation mit dem Teilchenmodell sowie den chemischen Bindungen und darauf aufbauend der nächste Schritt der Interpretation der chemischen Reaktion über die Vorgänge auf Teilchenebene. Dieser nächste Schritt wird in der vorgeschlagenen Einheit noch nicht gegangen, da als Voraussetzung dafür die Auseinandersetzung mit dem Teilchenmodell und den chemischen Bindungen notwendig ist.

Für die Sekundarstufe I stehen im Lehrplan folgende didaktische Grundsätze:

"Der Chemieunterricht soll überwiegend von der Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler ausgehen. Prinzipiell ist der induktive Weg zum Erkenntnisgewinn anzustreben. Dies bedeutet, dass vom Lehrerexperiment und vor allem auch vom Schülerexperiment auszugehen ist. Dabei ist den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zu möglichst selbstständigem Suchen, Forschen und Entdecken zu geben." [3, S. 73]

Mit Bezug zu diesem didaktischen Grundsatz ist auch der Frage "Was ist eine chemische Reaktion?" zuerst einmal ausgehend von der Erfahrungswelt der Schüler\*innen, von einzelnen Beispielen, von Versuchen und selbstständig forschend nachzugehen [3]. Genau dies haben wir in der Einheit "INQUIRYsteps: Chemische Reaktionen" umgesetzt.

#### 4. Die Idee: Eine digitale Lernumgebung begleitet reale Versuche

Auf der Basis einer existierenden Lernschachtel zum Thema "Chemische Reaktionen", welche sämtliche Arbeitsmaterialien (Chemikalien, Geräte, schriftliche Aufgabenstellungen) enthält, wurde eine Website mit systematischen Hilfestellungen für die Lernenden entwickelt, die über mobile Endgeräte (Laptops, Smartphones oder Tablets) abgerufen werden kann. Die Website unterstützt die begleitenden Lehrpersonen, da Schüler\*innen hier durch Bilder und Videos bei der Durchführung der Versuche angeleitet und begleitet werden und so manche Fragen wie "Was sollen wir da genau tun?" oder "Was ist ein Rundkolben?" nicht durch die Lehrperson beantwortet werden müssen. Die Website ersetzt auch die sonst notwendigen ausgedruckten Unterlagen.

Um die Praktikabilität und auch die Wirksamkeit in Bezug auf das Verstehen von chemischen Reaktionen auf Phänomenebene zu überprüfen, wurde die Website samt den zugehörigen Materialienboxen in Unterstufenklassen getestet. Die erste Version war zu lang und enthielt die Schüler\*innen irritierende

Beispiele. Eine genauere Beschreibung der Entwicklungsschritte findet sich bei Puddu, Koliander, Spitzer und Purgaj [4, 5].

Im folgenden Kapitel wird die aktuelle Version der Lernschachtel beschrieben. Die Website wird laufend aktualisiert, daher kann die eine oder andere Abbildung auf der Homepage von den hier dargestellten Abbildungen leicht abweichen.

#### 5. Beschreibung der Lernschachtel

Im folgenden Kapitel wird die Lernschachtel genau beschrieben. Der Begriff Lernschachtel schließt sowohl den digitalen Aufgabenteil (Website) als auch den in einer Box ausgegebenen Materialienteil (Geräte und Chemikalien) ein.

#### 5.1 Die Materialienbox

Damit die Schüler\*innen gut in Gruppen arbeiten können, bekommt jede Gruppe die Materialien in einer Box. Abb. 2 zeigt eine Aufsicht auf die Materialien. Eine Übersicht über die Materialien (Geräte, Chemikalien und sonstige Utensilien) gibt Tab. 1. Zusätzlich gibt es noch eine Box, in der 30 Schutzbrillen enthalten sind. In einer weiteren Box für die Lehrperson sind Chemikalien zum Nachfüllen, Küchenrollen sowie Wasserflaschen für alle Gruppen enthalten.



Abbildung 2: Foto des Inhalts der Materialienbox "Chemische Reaktionen"

Tabelle 1: Liste der benötigten Chemikalien und Geräte

Laborgeräte	Chemikalien / Stoffe	Weitere Utensilien
Becherglas Petrischalen Stehkolben Spatel Schnappdeckelglas (leer) Glasstab Pipette	Magnesium-Braustabletten (in Originalverpackung) In Schnappdeckelgläsern: Eisen(III)chlorid Kaliumhexacyanoferrat(II) Magnesiumchlorid Natriumhydrogencarbonat Zitronensäure Süßstoff	Wasserfester Stift Luftballon

#### 5.2. Vorbereitungen zu den Versuchen

Jede Schüler\*innengruppe benötigt ein Smartphone, ein Tablet oder einen Laptop. Der Einstieg zur digitalen Lernbegleitung erfolgt über einen QR-Code oder direkt über die Homepage.

Auf der ersten Seite sehen die Schüler\*innen einen kurzen Einleitungstext. Es werden die Rollen für die Gruppenarbeit beschrieben (Abb. 3).

#### Lernschachtel Chemische Reaktionen

Mit dieser Lernschachtel kommst du der Welt der Chemie etwas näher. Du wirst verschiedene Experimente durchführen und dabei unterschiedliche chemische Reaktionen kennenlernen

Teilt in eurer Gruppe die Aufgaben ein: Wählt einen Gruppenleiter. Diese Person leitet die Gruppe liest hier den Text weiter, schaut auf die Zeit und ist verantwortlich für den Gesamterfolg der Gruppe. Sie bestimmt auch die folgenden zwei Rollen

Eine zweite Person führt die Versuche durch, holt die Materialien, wäscht zum Schluss die gebrauchten Geräte und reinigt den Arbeitsplatz

Eine dritte Person öffnet den Link für das Protokoll. Sie Fasst die Ergebnisse zusammen und schreibt immer mit, wenn etwas zu protokollieren ist. Sie speichert am Ende der Stunde das Protokoll und schickt das Protokoll an die Lehrperson.

#### Abbildung 3: Screenshot des Einleitungstextes

Danach gibt es eine einführende Zuordnungsübung, die den Schüler\*innen die Bezeichnungen der in der Lernschachtel enthaltenen Laborgeräte näherbringt (siehe Abb. 4). Hier sollen die Bilder und die Fachwörter übereinandergelegt und so miteinander verknüpft werden.

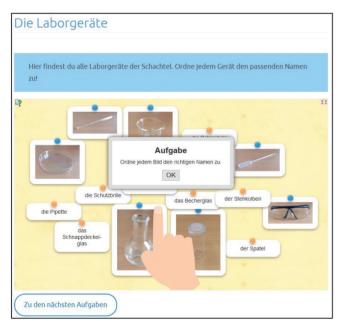


Abbildung 4: Screenshot der Zuordnungsaufgabe "Laborgeräte" https://learningapps.org/

#### 5.3 Hinführung zum Begriff "Stoff"

Im nächsten Schritt geht es um das Herstellen eines Bezugs zum Alltag und ein Bewusstmachen der unterschiedlichen Bedeutungen des Wortes "Stoff". Die Schüler\*innen kennen Kleiderstoffe, Lernstoff, aber auch "Stoff" als Synonym für Drogen. Sie sollen in den Kleingruppen sammeln, woher sie den Begriff kennen und was sie darunter verstehen. Auch die chemische Bedeutung darf natürlich vorkommen, muss es aber nicht.

Nach dieser kurzen Einführung können die Experimentiermaterialien an die Schüler\*innen ausgegeben werden. Mit der Ausgabe der Materialien gibt es eine Sicherheitseinschulung:

Die Schutzbrille ist verpflichtend während der Versuche aufzusetzen. Das Kosten von Chemikalien ist verboten. Die Schutzbrillenpflicht wird in allen Videos, in denen die Versuche angeleitet werden, nochmals betont.

Haben die Schüler\*innen die Zuordnungsaufgabe erledigt, kommen sie auf die nächste Seite. Dort wird zuerst eine für die Altersstufe rekonstruierte Erklärung des Begriffs "Stoff" in der Chemie gegeben, die für die phänomenologische Beschreibung ausreichen soll. Dann erhalten sie den Auftrag, einige Gegenstände aus den vorbereiteten Materialien herauszusuchen und nach Stoffen oder Stoffeigenschaften zu ordnen, dabei sind bewusst keine Ordnungskriterien vorgegeben. Die dazu vorgegebenen Gegenstände zeigt Abb. 5.



Abbildung 5: Verwendete Materialien für die Aufgabe "Stoffe ordnen"

Wenn die Schüler\*innen eine Möglichkeit gefunden haben, die Gegenstände nach Stoffen oder Stoffeigenschaften zu ordnen, sollen sie dies auch dokumentieren. Sie sollen das Kriterium, nach welchem sie die Gegenstände geordnet haben, benennen oder beschreiben und auf der Website in einem vorgegebenen Formular eingeben.

Die Homepage bietet den Schüler\*innen, nachdem sie ihre Antworten eingetippt haben, eine Lösungsseite an, mit der sie ihre Lösungen vergleichen können. Hier gibt es keine vorgegebene richtige Lösung, sondern nur Lösungsvorschläge (Abb. 6).

#### 5.4 Übersicht über die Versuche der Lernschachtel

Nun folgen drei Versuche, wobei die ersten beiden stark angeleitet auf Level 1 des Forschenden Lernens sind. Dazu wird den Schüler\*innen die Fragestellung und das methodische Vorgehen vorgegeben, nur die Interpretation der Ergebnisse wird ihnen überlassen. Der dritte Versuch wird auf Level 2 angeboten, es wird nur noch die Forschungsfrage vorgegeben.

Die Schüler\*innen können digitale Hilfskarten nutzen, wenn sie keine eigenen Ideen für das methodische Vorgehen haben.



Abbildung 6: Screenshot der Lösungsseite der Aufgabe "Stoffe ordnen"

- Versuch 1: Zwei Stoffe in der Petrischale (Level 1)
- Versuch 2: Der Ballongeist (Level 1)
- Versuch 3: Was hat denn da gesprudelt? (Level 2)

Da zu Beginn des Chemieunterrichts noch kaum von Kompetenzen zur Durchführung von Versuchen ausgegangen werden kann, werden bei den ersten beiden Versuchen sowohl das Handling der Geräte und Chemikalien als auch das Vorgehen bei einer Untersuchung genau angeleitet. Mit den dort erworbenen Erfahrungen könnten manche Schüler\*innengruppen die dritte Aufgabenstellung selbstständig lösen.

Beispielhaft soll an Versuch 1 das schrittweise Heranführen der Schüler\*innen an die Versuchsdurchführung aufgezeigt werden. Versuch 2 wird in sehr ähnlicher Weise begleitet.

#### 5.5 Versuch 1: Zwei Stoffe in der Petrischale

Bei diesem Versuch wird die Reaktion von Eisen(III)-chlorid mit Kaliumhexacyanoferrat(II) zu Berlinerblau mit sehr kleinen Mengen der beiden Salze in einer mit wenig Wasser gefüllten Petrischale beobachtet. Am Beginn steht die Fragestellung, die von den Schüler\*innen durch Beobachtungen und deren Interpretation beantwortet werden soll: "Findet bei dem folgenden Versuch eine chemische Reaktion statt? Reagieren die Ausgangsstoffe zu neuen Stoffen mit neuen Eigenschaften?"

Danach wird in einem kurzen interaktiven Video (erstellt mit H5P[6]) gezeigt, welche Geräte und Ausgangsstoffe hergerichtet werden sollen. Außerdem wird nochmals auf das Tragen der Schutzbrille hingewiesen (Abb. 7).

Sind alle Materialien bereitgestellt, wird den Schüler\*innen in einem weiteren Video gezeigt, wie der Versuch gestartet werden soll. Die Verwendung des Spatels wird vorgeführt (Abb. 8).



Abbildung 7: Screenshot aus dem Video zur Vorbereitung von



Abbildung 8: Screenshot aus dem Video von Versuch 1 zur Verwendung des Spatels

Nach Zugabe der beiden Salze stoppt das Video. Die Schüler\*innen sollen den Versuch real durchführen, dabei das Handling mit den Geräten üben und die Reaktion in der realen Welt beobachten. Es soll den Schüler\*innen möglich sein, zu erleben, dass es gar nicht so einfach ist, mit dem Spatel eine gewünschte Menge an Salz aufzunehmen, oder das Eisenchlorid vom Spatel abzuschütteln, oder auch zu erfahren, wie ein Schwenken der Petrischale die Reaktion beeinflusst. Das sind unter anderem Erfahrungen, die bei einer Animation der Versuche in einem digitalen Labor nicht gemacht werden können.

Die Website führt die Schüler\*innen in einem nächsten Schritt zu einem Formular, in dem sie ihre Beobachtungen und deren Interpretation eintragen sollen (Abb. 9).

Beim Durchführen dieses Versuchs können viele Beobachtungen gemacht werden. Die Salze lösen sich im Wasser, das ist ja im Grunde schon eine erste Veränderung von Aussehen und Eigenschaften. Um das gelbliche Eisen(III)-chlorid entsteht



Abbildung 9: Screenshot zur Eintragung der Beobachtung und der Interpretation zu Versuch 1

ein gelber Hof. Nach ein bis zwei Minuten zeigt sich dort, wo sich die gelösten Stoffe treffen, ein dunkelblaues Band. Je nach Geduld der Schüler\*innen verbreitet es sich langsam, oder es wird durch das Schwenken der Schale rasch in der gesamten Petrischale der blaue Farbstoff entstehen. Ob sich ein löslicher blauer Farbstoff oder ein unlöslicher Niederschlag bildet, ist vom Verhältnis der Eisen(III)-Ionen zum Hexacyanoferrat(II) abhängig. Bei einem Überschuss an Eisenionen bildet sich ein unlöslicher Farbstoff.

Als mögliche Erklärung könnten die Schüler\*innen aufgrund der deutlich sichtbaren Farbänderung darauf schließen, dass sich ein neuer Stoff mit neuen Eigenschaften gebildet hat. Aber wie immer bei Interpretationen - zwingend ist dieser Schluss nicht.

#### 5.6 Versuch 2: Der Ballongeist

In sehr ähnlicher Weise wie zum Versuch 1 beschrieben werden die Schüler\*innen durch den zweiten Versuch zum Ballongeist geführt. Es geht um das Lösen einer Brausetablette in Wasser und die dabei beobachtbaren Veränderungen. Hier bildet sich als neuer Stoff ein Gas, das durch das Aufschäumen deutlich erkennbar ist und den Luftballon aufbläst.

Wichtig war uns bei der Zusammenstellung dieser beiden Versuche, dass es sich um unterschiedliche beobachtbare Veränderungen von Stoffeigenschaften handelt. Dabei war uns schon auch bewusst, dass viele chemische Reaktionen ohne solche sichtbaren Veränderungen von Stoffeigenschaften ablaufen (wenn verdünnte Salzsäure und verdünnte Natronlauge miteinander reagieren, entsteht aus zwei farblosen Lösungen eine weitere farblose Lösung, jedoch mit ganz anderen Eigenschaften). Und im Gegensatz dazu ist manch sichtbare Veränderung, wie das Erstarren von Wasser zu Eis, nicht schon ein Hinweis auf eine chemische Reaktion. Die letztendlich sichere Klärung dafür, ob es sich um eine chemische Reaktion handelt oder nicht, ist über die Vorgänge auf der submikroskopischen Ebene zu erbringen. Sind Bindungen zwischen Atomen oder Ionen gelöst worden und neue Bindungen entstanden? Doch dieser Schritt ist dann der nächste für die Schüler\*innen und erfordert als Voraussetzung die Einführung in die wenig mit unseren Alltagserfahrungen verbundene submikroskopische Welt der Atome, Moleküle und Ionen.

#### 5.7 Versuch 3: Was hat denn da gesprudelt?

Der dritte Versuch (Aufgabe 4, Abb. 10) überlässt den Schüler\*innen das Planen des Vorgehens. Eingeschränkt sind sie allerdings dabei durch die Vorgabe der Chemikalien und Geräte, die ihnen zur Verfügung gestellt werden.

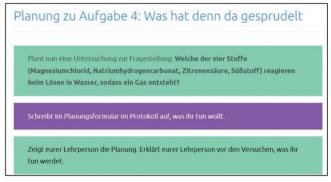


Abbildung 10: Screenshot der Aufgabe 4: "Was hat denn da gesprudelt?"

Als erster Schritt wird von den Schüler\*innen eine Planung verlangt, die eine Untersuchung darlegt, die sie zur Klärung dieser Frage durchführen wollen. Dabei können sie auf digital zur Verfügung gestellte Hilfekarten zugreifen, wenn sie nicht weiterwissen (Abb. 11).



Abbildung 11: Screenshot der Hilfekarten zu Aufgabe 4: "Was hat denn da gesprudelt?"

Auch bei diesem Versuch wird wieder ein Eintrag im digitalen Protokoll verlangt (Abb. 12).

Was konntest du beobachten? *	
Meine Antwort	
Welche Stoffe sind an der Reaktion beteiligt? *	
Magnesiumchlorid	
Natriumhydrogencarbonat	
Zitronensäure	
Süßstoff	

Abbildung 12: Screenshot von Aufgabe 4: Eintragung der Beobachtung und der Interpretation

Ist es ausgefüllt, so können die Schüler\*innen wieder auf der Lösungsseite erfahren, ob ihre Beobachtungen und Interpretationen mit den Beobachtungen und Interpretationen übereinstimmen, die andere Personen bei der Durchführung solcher Untersuchungen gemacht haben (Abb. 13).

#### Aufgabe 4: Lösung

Wenn du immer nur einen der vier Stoffe und Wasser mischt, dann passiert noch nicht viel. Die Stoffe lösen sich im Wasser. Beim Süßstoff entstehen beim Lösen einige Gasbläschen, aber so richtig

Wenn du zwei Stoffe und Wasser mischst, dann findet bei einer der Kombinationen eine deutliche Reaktion statt. Es entwickeln sich Gasbläschen, es sprudelt

Folgende beiden Stoffe reagieren mit Wasser zu einem Gas

Natriumhydrogencarbonat und Zitronensäure. Vielleicht hast du bemerkt, dass auch beim Lösen des Süßstoffs in Wasser Gasbläschen entstehen. Die käuflichen Süßstoffmischungen enthalten bereits kleine Mengen Zitronensäure und Natriumhydrogencarbonal

#### Abbildung 13: Screenshot der Lösung zu Aufgabe 4: "Was hat denn da gesprudelt?"

Den Abschluss bildet ein Quiz, das den Schüler\*innen und der Lehrperson zeigen kann, ob sich schon ein erstes Verstehen dafür gebildet hat, was bei einer chemischen Reaktion passiert (Abb. 14).

Eine Diskussion mit der Klasse im Anschluss an dieses Quiz, mit Begründungen für die jeweilige Entscheidung, ist unserer Erfahrung nach sehr spannend und erhellt nochmals, wieweit das Verstehen bezüglich chemischer Reaktionen bereits gediehen ist.

#### Literatur

- Koliander B, Puddu S, Spitzer P, Purgaj J, Entwicklung einer inklusiven, digitalen Lernumgebung für Forschendes Lernen. R&E Source: open online journal for research and education, 2019.
- Barke H-D, Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. 2006. Springer: Berlin.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Lehrpläne der Mittelschulen. 2020.
- Puddu S, Koliander B, Spitzer P, Purgaj J, Forschendes Lernen inklusiv und digital unterstützen, In: Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Wien 2019, S Habig (Hrsg.). 2020. S. 218-221.

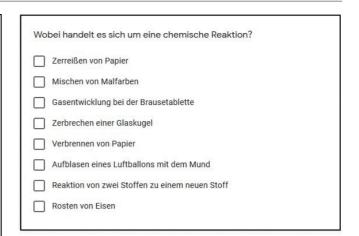


Abbildung 14: Screenshot der Abschlussaufgabe

#### 6. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel wurden Teile der Website INQUIRYsteps vorgestellt. Wenn Sie gerne diese Lernumgebung ausprobieren möchten, sind Sie herzlich dazu eingeladen, diese Seite im Internet anzuwählen. Sie brauchen allerdings die vorgestellten Chemikalien und Geräte. Wenn es zeitlich und örtlich möglich ist, stellen wir gerne die zwölf bei uns lagernden Boxen mit den Materialien zur Verfügung mit der Bitte, uns im Anschluss Ihre Erfahrungen mitzuteilen und wie die Schüler\*innen die Beispiele gelöst haben.

Es werden außerdem auch neue Lernschachteln entwickelt und evaluiert. Diese neuen Schachteln werden demnächst auch über die Website zu erreichen sein.

Link zur Seite der Lernschachtel: www.inquirysteps.com/lernschachteln/lernschachtelchemische-reaktionen

Brigitte Koliander ist Professorin an der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich im Zentrum für Berufspädagogik. Sandra Puddu ist mitverwendete Lehrperson am AECC Chemie (Universität Wien), der PH Wien, der PH Niederösterreich im Rahmen von IMST und der KPH Wien/Krems.

Philipp Spitzer ist Assistenzprofessor für Chemiedidaktik und Leiter des Fachdidaktikzentrums Chemie an der Karl-Franzens-Universität Graz.

- Puddu S, Koliander B, Spitzer P, Development Development of an inclusive, digital media-supported learning environment for inquirybased learning, In: ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education. 2020. European Science Education Research Association: Bologna, Italy.
- H5P ist eine kostenlos nutzbare Software zum Erstellen von interaktiven Lerninhalten für das Internet. Man kann damit z. B. interaktive Videos und viele weitere interaktive Materialien erstellen. Link: https://h5p.org/

### **Empfehlung**

### Open Educational Resources zum Thema Datenmanagement

Markus Prechtl & Julia Werthmüller

Schlagwörter: Open Educational Resources, Datenmanagement

Im Arbeitsalltag von Lehrer\*innen und Wissenschaftler\*innen entstehen fortwährend digitale Daten. Nur ein kleiner Teil dieser Daten wird für die Lehre verwendet oder publiziert. Ein großer Teil verliert sich in Ordnern und Unterordnern und steht oft schon nach wenigen Jahren nicht mehr für eine Nachnutzung zur Verfügung. Aus diesem Grund hat das professionelle Management von Daten im Arbeitsalltag an Bedeutung gewonnen. In den Policies vieler Forschungsund Bildungseinrichtungen ist es ausgewiesen. Es umfasst die Generierung, Bearbeitung, Organisation, Archivierung und Veröffentlichung von Daten. Im Fall von Chemie und Physik betrifft dies insbesondere die Protokollierung von Untersuchungen inklusive Einstellungen und Kalibrierungen von Instrumenten, Codierungen und Softwaresyntaxen sowie Quellenangaben. Noch zu viele dieser Daten, darunter wichtige Geräteinformationen und negative Ergebnisse, gehen bislang unter (siehe Abb. 1). Auch an Schulen sind die kompetente Datendokumentation und -verarbeitung drängende Themen, da sie ein Propädeutikum für Studium und Beruf darstellen. Die folgenden Open Educational Resources (OER), die der Online-Speicherdienst Zenodo bereitstellt, führen in die Thematik ein: MANTRA [1] wird im englischsprachigen Raum empfohlen. FOKUS ist das deutschsprachige Pendant. Die OER "Forschungsdatenmanagement auf einen Blick" [2] widmet sich dem Datenmanagement in verschiedenen, auch naturwissenschaftlichen Disziplinen. Für die Lehre Hochschulen werden zudem Lernmaterialien und Präsentationen bereitgestellt [3].



Abbildung 1: Wissenschaftlicher Forschungsdatenfluss.

Markus Prechtl ist Professor für Chemiedidaktik und leitet die Arbeitsgruppe Fachdidaktik Chemie an der Technischen Universität Darmstadt Iulia Werthmüller ist Doktorandin in der Arbeitsgruppe Fachdidaktik Chemie an der Technischen Universität Darmstadt

#### **Online-Ressourcen**

- EDINA and Data Library U of E. Research Data Mantra (Online Training Units & Data Handling Tutorials). 23. Oktober 2017; Verfügbar unter: https://zenodo.org/record/1035218 [15.01.2021]
- Becker H, Einwächter S, Klein B, Krähwinkel E, Mehl S, Müller J, et al. Lernmodul Forschungsdatenmanagement auf einen Blick eine Online-Einführung. 14. November 2019; Verfügbar unter: https://zenodo.org/record/3635376 [15.01.2021]
- Becker H, Dorn C, Einwächter S, Klein B, Krähwinkel E, Mehl S, et al. Forschungsdatenkurse für Studierende und Graduierte: Lehr- und Schulungsmaterialien zur Nachnutzung. 30. August 2019; Verfügbar unter: https://zenodo.org/record/3381975 [15.01.2021]

# Concept Cartoons - eine Möglichkeit, Forschendes Lernen zu unterstützen

Rosina Steininger

Schlagwörter: Concept Cartoon, Forschendes Lernen, Chemieunterricht

#### 1. Einleitung

Concept Cartoons sind spezielle Unterrichtswerkzeuge, die Lernende zum Nachdenken und Diskutieren anregen sollen. Es handelt sich dabei um die grafische Darstellung einer Gruppe von Personen, die miteinander im Gespräch sind. Die visualisierten Charaktere sehen sich mit einem Alltagsphänomen aus dem Bereich der Naturwissenschaften konfrontiert und versuchen, sich diesem durch Reflektieren anzunähern. Wie bei Cartoons allgemein üblich, werden die Aussagen der abgebildeten Personen in Form von Sprechblasentexten dargestellt. Im Fall des Concept Cartoons enthalten die Sprechblasen unterschiedliche Erklärungsansätze bezüglich des zu erforschenden Alltagsphänomens. Die Aussagen sind einfach und alltagssprachlich formuliert und können sowohl fachlich angemessene als auch unangemessene Präkonzepte enthalten.

Forschendes Lernen geht stets von einer konkreten Frage aus. Unter bestimmten Voraussetzungen kann diese Frage in Form eines Concept Cartoons präsentiert werden. Der Concept Cartoon liefert dann nicht nur die "nackte" Forschungsfrage, sondern gibt – durch die Erklärungsansätze in den Sprechblasen - auch Denkanstöße in unterschiedliche Richtungen. Auf diese Weise werden die Lernenden dabei unterstützt, verschiedene

Konzepte zu diskutieren und die zentrale Frage in (hoffentlich leichter zu beantwortende) Subfragen zu zerlegen. Eignet sich eine dieser Subfragen, die während der Diskussion auftauchen, als Forschungsfrage, um einen Teilaspekt des Phänomens zu untersuchen, dann macht das sogar Forschendes Lernen auf Level 3 möglich.

Im Folgenden sollen die allgemeinen Ausführungen anhand von konkreten Beispielen skizziert und erläutert werden.

#### 2. Zwei Concept Cartoons zum Einstieg in das Themenfeld "Säuren und Basen, saure und basische Lösungen" über Forschendes Lernen

bzw. saure Lösungen kennen Kinder und Jugendliche aus dem Alltag, zählt doch "sauer" zu den fünf Geschmacksrichtungen. Meist erfolgt deshalb auch der Einstieg in das Unterrichtsthema "Säuren und Basen, saure und basische Lösungen" aufbauend auf diese Vorerfahrungen. Basen bzw. basische Lösungen (Laugen) werden oft erst im Anschluss und weniger ausführlich besprochen. Um dieser Ungleichbehandlung entgegenzuwirken, steige ich gerne mit den folgenden zwei Concept Cartoons in das Thema ein.

### Fest Seife oder Flüssigseife - was ist besser?



Abbildung 1: Concept Cartoon - Feste Seife oder Flüssigseife - was ist besser? (Eigene Abbildung)



Abbildung 2: Concept Cartoon - Ist Cola sauer? [1]

In Kleingruppen bearbeiten Schüler\*innen eine der beiden in den Concept Cartoons gestellten Fragen. In der Regel tauchen dabei automatisch weitere Fragen auf: Was bedeuten die Begriffe pH-neutral, alkalifrei, Lauge, basisch oder Säureschutzmantel? Wie funktioniert Seife überhaupt? Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem pH-Wert der Waschlösung und der Beschaffenheit der Seife (fest/flüssig)? Wirkt der Zucker im Cola der "Säure" entgegen bzw. welchen Einfluss hat der Zuckergehalt einer Lösung auf den "Säuregrad"?

Einige dieser Fragen lassen sich experimentell beantworten und eignen sich deshalb als Forschungsfragen für Forschendes Lernen. Schüler\*innen der Sekundarstufe II haben unter anderem folgende Untersuchungen geplant, durchgeführt und ausgewertet:

- Seifenlösungen hergestellt und mit Hilfe verschiedener Säure-Base-Indikatoren auf ihren pH-Wert geprüft;
- durch Zerdrücken von Brombeeren Flecken auf einem Textil erzeugt und diese mit den unterschiedlichen Seifen behandelt, um zu sehen, ob bzw. wie sie sich verfärben;
- Seifenlösungen hergestellt und mit Speiseöl versetzt;
- die Flüssigseife in einer Eprouvette erhitzt, um zu schauen, ob Wasser entweicht und das Kondensat mit wasserfreiem Kupfersulfat versetzt;
- verschiedene Cola-Sorten (classic, light, zero und abgestandenes und damit kohlensäurefreies Cola classic) mit Universalindikator-Lösung versetzt;
- den pH-Wert von Cola und der Lösung von Zitronensäure jeweils vor und nach Zugabe von Zucker mit Hilfe von Universalindikatorpapier bestimmt;
- Cola mit Milch versetzt;
- Natron bzw. Magnesium zum Cola hinzugefügt.

Im Zuge ihrer Untersuchungen konnten die Schüler\*innen unter anderem folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Seifenlösungen können basisch, neutral oder schwach sauer
- Der pH-Wert einer Seifenlösung ist nicht davon abhängig, ob das käufliche Produkt fest oder flüssig ist.
- Verdünnen mit Wasser ändert den pH-Wert kaum.
- Seifenlösung emulgiert Fett, zersetzt es aber nicht.
- Alle Cola-Sorten sind sauer.
- "Säure" und Zucker gleichen einander nicht aus, d.h. Zucker beeinflusst den pH-Wert der Lösung nicht.
- Cola muss abgesehen von Kohlensäure noch einen anderen sauer reagierenden Stoff enthalten, denn auch das ausgerauchte Cola reagiert sauer.

#### 3. Ein Concept Cartoon (nicht nur) zum Üben von "Doing Inquiry" als wichtiger Teil Forschenden Lernens

Dass ein angeschnittener Apfel braun wird - dieses Alltagsphänomen ist den meisten Menschen vertraut, auch wenn es bei neueren Apfelsorten weniger ausgeprägt auftritt als bei traditionellen. Manche Schüler\*innen wissen auch, dass sich diese Bräunung verhindern oder zumindest verzögern lässt, wenn man die Schnittfläche abdeckt und/oder mit Zitronensaft beträufelt. Diese Vorerfahrung, eigene Präkonzepte und die Aussagen in den Sprechblasen können von den Lernenden als Ausgangspunkt für ihre experimentellen Untersuchungen genützt werden.

### Warum wird ein angeschnittener Apfel braun?



**Abbildung 3:** Concept Cartoon – Warum wird ein angeschnittener Abfel braun? [2]

Beim Einsatz dieses Concept Cartoons (Abb. 3) in der Sekundarstufe II haben Schüler\*innen unter anderem folgende Untersuchungen geplant, durchgeführt und ausgewertet:

- ein Apfelstück luftdicht verpackt;
- ein Apfelstück im Kühlschrank gelagert;
- Apfelstücke mit Zitronensaft, Ethanol und verschiedenen sauren Lösungen beträufelt oder mit Zucker oder Salz
- Apfelstücke in kaltem bzw. heißem Wasser gelagert;
- Apfelstücke geföhnt;
- ein Apfelstück über heißen Wasserdampf gehalten;
- Apfelstücke in Kohlenstoffdioxid-, Stickstoffund Sauerstoffatmosphäre gelagert;
- ein Apfelstück unter vermindertem Druck (Vakuum) gelagert.

"Ich bin ehrlich gesagt sehr erstaunt über den Ideenreichtum der Schülerinnen und Schüler gewesen", kommentierte die unterrichtende Kollegin die Untersuchungen der Schüler\*innen und zitierte einen Schüler wie folgt: "Das ist wieder eine der Stunden, die Sinn machen, weil wir uns selbst aussuchen können, was wir machen wollen."

Die Mehrzahl der angeführten Untersuchungen können auch Schüler\*innen der Sekundarstufe I durchführen. Der apparative Aufwand ist so gering, dass das Experimentieren auch in weniger gut ausgestatteten Schulen oder zu Hause möglich ist. In allen Fällen ist allerdings ein systematisches Vorgehen notwendig. Die enzymatische Bräunung verläuft in der Regel langsam und wird erst im Lauf der Zeit sichtbar. Da der Faktor Zeit eine große Rolle spielt, ist es wichtig, den Verlauf genau zu dokumentieren und zugleich entsprechende "unbehandelte" Kontroll- oder Vergleichsstücke mitlaufen zu lassen. Die Einflussfaktoren für die Bräunung sind vielfältig: Neben Sauerstoffgehalt, Zeit, Temperatur und der Verwendung von Antioxidantien hängt die Intensität dieses Phänomens auch von der Oberflächenbeschaffenheit und der Apfelsorte ab. Eine sorgfältige Variablenkontrolle ist daher unabdingbar. Doch gerade deshalb bietet das Arbeiten mit diesem Concept Cartoon Schüler\*innen eine gute Gelegenheit für "learning to do inquiry" (siehe einführender Artikel in diesem Heft).

Im Hinblick auf "learning scientific content" bietet sich der Concept Cartoon an, die Themen Luft, Sauerstoff und Redoxreaktionen zu thematisieren. Für besonders leistungsstarke bzw. fortgeschrittene Schüler\*innen kann er auch Anlass sein, die Themen Antioxidatien und enzymatische Reaktionen zu erarbeiten und dabei auf die Rolle der Polyphenole bzw. der Polyphenoloxidase einzugehen [3-5].

#### 4. Unterschiedliche Concept Cartoons zum Thema Kerze - mit unterschiedlichen Zielsetzungen

Kerzen sind ein jahrtausendealtes Kulturgut, auch wenn sie seit Einführung des elektrischen Lichts ihre Bedeutung als Lichtquelle verloren haben. Heute dienen Kerzen vor allem dazu, eine festliche Stimmung zu erzeugen, sei es bei (religiösen) Feierlichkeiten, bei einem Candle-Light-Dinner oder zur Entspannung – etwa im Wellnessbereich. Zwar haben in vielen Haushalten LED-Kerzen mittlerweile Paraffin- und Bienenwachskerzen weitgehend verdrängt, dennoch zählt es zur naturwissenschaftlichen Grundbildung, zu wissen, was beim Abbrennen einer Kerze eigentlich passiert [6].

Im Folgenden möchte ich vier verschiedenen Concept Cartoons vorstellen, die sich mit der Thematik befassen. Nicht alle sind gleichermaßen gut geeignet, Forschendes Lernen zu initiieren. Manche eignen sich besser als Assessmenttool oder zur Sprachförderung.

#### 4.1 Burning candle



Abbildung 4: Concept Cartoon – Burning candle [7]

In diesem Concept Cartoon (Abb. 4) wird die Frage aufgeworfen, was denn eigentlich bei einer Kerze brennt – der Docht oder das Wachs. Die Statements in den Sprechblasen bieten beide Optionen in verschiedenen Kombinationen an. Und: Sie liefern bereits einen wichtigen Hinweis. Die Rede ist von "wax vapour", also Wachsdampf. Um die Aussagen experimentell zu überprüfen, müssen die Lernenden die Möglichkeit haben, Wachsdämpfe zu erzeugen und diese sowie auch ein Stück Docht (ohne Wachs) zu entzünden. Auf diese Weise klären die Lernenden die grundlegende Funktionsweise einer Kerze.

#### 4.2 Warum rußt die Kerze?



Abbildung 5: Concept Cartoon - Warum rußt die Kerze? (eigene Abbildung)

Dieser Concept Cartoon (Abb. 5) fragt nach einem Teilaspekt des Abbrennens von Kerzen - nämlich dem Phänomen des "Rußens". Auch in diesen Sprechblasen werden Wachs und Docht als mögliche Quellen angeführt.

Gute Erfahrungen haben wir beim Einsatz dieses Concept Cartoons mit einem stark angeleiteten Setting, also Forschendem Lernen auf Level 1 gemacht: Die Lernenden werden aufgefordert, ein kurzes Glasröhrchen in einem Winkel von ca. 45° schräg nach oben aufsteigend in die Flamme einer

brennenden Kerze zu halten; und zwar zunächst kurz oberhalb des Dochts in den fahlen Flammenkern, danach weiter oben in den gelb leuchtenden Flammenmantel. Im ersten Fall wird weißer Dampf, im zweiten Fall schwarzer Rauch durch das Röhrchen aufsteigen.

Der weiße Dampf lässt darauf schließen (oder belegt, sofern das vorab bereits geklärt wurde), dass das flüssige Wachs im Docht in die Flamme aufsteigt und dort verdampft, bevor die Dämpfe schließlich verbrennen. Mit ein bisschen Fingerspitzengefühl gelingt es, diese abgeleiteten Dämpfe am oberen Ende des Glasröhrchens zu entzünden. Man spricht dann von einer sogenannten Tochterflamme.

Der schwarze Rauch hingegen besteht aus Rußpartikeln. Sie werden durch Pyrolyse der Wachsdämpfe im Inneren der Flamme gebildet. Ihr Glühen verursacht das gelbe Licht der Kerzenflamme. Beleuchtet man die Kerzenflamme mit einem helleren Licht, Beispielsweise einer Schreibtisch- oder Taschenlampe, so lässt sich ein Schatten erkennen – und zwar insbesondere im Bereich des Flammenmantels. Dieser Schatten wird durch die Rußpartikel verursacht.

Um dem Phänomen des "Rußens" auf die Spur zu kommen, brauchen die Lernenden in der Regel mehr Unterstützung und Motivation als bei der Beantwortung der Frage, ob der Docht oder das Wachs brennt. Durch das angeleitete Experimentieren mit dem Glasröhrchen wird jedoch ein - im wortwörtlichen Sinn – so fragwürdiges Phänomen erzeugt, dass die Neugierde der Schüler\*innen geweckt und ihr Forscher\*innendrang angeregt wird. Ein reichhaltiger Materialtisch kann dabei zusätzliche Anregungen liefern, das Phänomen zu untersuchen.

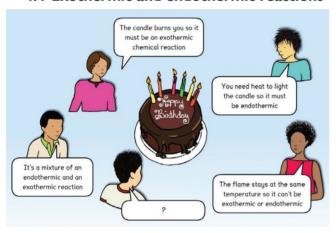
#### 4.3 Flickering Candle **Flickering candles**



Abbildung 6: Concept Cartoon - Flickering Candle [8] (reproduziert mit der Genehmigung der Royal Society of Chemistry)

Der Cartoon Flickering Candle (Abb. 6) wirft die Frage auf, warum Kerzen beim Abbrennen kürzer werden. Die Statements in den Sprechblasen liefern zahlreiche Erklärungsansätze: Die Kerze löst sich auf; sie schmilzt; das Wachs rinnt seitlich herunter; es wird heiß und verdampft; es verbrennt und neue gasförmige Verbindungen entstehen; der Docht brennt, und das Wachs fällt auseinander, weil nichts mehr da ist, es zusammenzuhalten; die Kerze muss dicker werden, weil Dinge schwerer werden, wenn sie verbrennen. Die zuletzt genannte Aussage lässt sich experimentell durch einfaches Wiegen einer brennenden Kerze leicht widerlegen. Davon abgesehen liefert dieser Concept Cartoon wenig unmittelbare Anknüpfungspunkte zum Experimentieren. Er regt jedoch zum genauen Beobachten und zur Sprachförderung an. Durch genaues Beobachten einer brennenden Kerze lassen sich einzelne Aussagen widerlegen. In der Diskussion können Begrifflichkeiten geklärt (z. B. Höhe, Volumen, Masse; lösen, schmelzen, verdampfen) und der Unterschied zwischen physikalischen Vorgängen und chemischen Reaktionen besprochen werden. Aus diesen Gesprächen ergeben sich möglicherweise weiterführende Forschungsfragen und Ideen für eine tiefer gehende Untersuchung flackernder Kerzen.

#### 4.4 Exothermic and endothermic reactions



**Abbildung 7:** Concept Cartoon – Exothermic and endothermic reactions [9]

Der vierte Concept Cartoon zum Thema Kerze (Abb. 7) setzt sich mit der Frage auseinander, ob das Brennen einer Kerze ein exothermer und/oder ein endothermer Vorgang ist. Ähnlich wie im ersten Fall, werden zwei Möglichkeiten in verschiedenen Kombinationen als Erklärungsansätze angeboten. Allerdings enthalten hier drei der vier Aussagen nicht nur Feststellungen, sondern auch Begründungen. Die zwei Fachbegriffe (exotherm / endotherm) aus dem Gebiet der Thermodynamik passen jedoch nicht zur dargestellten Alltagssituation. Daher kann dieser Concept Cartoon vor allem als Assessment Tool genützt werden, um zu überprüfen, ob Lernende die Fachbegriffe richtig anwenden können und den Unterschied zwischen Aktivierungsenergie und Reaktionsenthalpie verstanden haben.

Mit Concept Cartoons ist es wie mit anderen Werkzeugen auch. Man muss sie danach aussuchen, was man mit ihnen machen möchte. Einige davon eignen sich, wie ich hoffentlich zeigen konnte, hervorragend, um Forschendes Lernen zu initiieren und zu unterstützen.

Rosina Steininger unterrichtet Chemie am BRG 18 in Wien, arbeitet am Österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) an der Universität Wien und ist mitverwendete Lehrperson an der Pädagogischen Hochschule Wien sowie an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Wien/Krems.

#### Literatur

- Abels S, Steininger R, Naturwissenschaften in der Grundschule: Ist Cola sauer? Forschendes Lernen im Sachunterricht. Erziehung & Unterricht, 2015. 9-10: S. 848-853.
- Steininger R., Lembens A., Warum wird Wein "sauer"? Concept Cartoons als Gesprächsanlässe im kompetenzorientierten Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 2013. 133: S. 22-26.
- Mai F, Mertens N, Glomb MA, Bräunungsmechanismen pflanzlicher Lebensmittel. Chemie in unserer Zeit, 2019. 53(5): S. 330-341.
- Warum werden Apfel-Spalten braun? bESSERwisser; Verfügbar unter: https://www.openscience.or.at/hungryforscienceblog/warum-werdenapfel-spalten-braun/. [15.01.2021]
- Nie mehr braune Äpfel? Forschungsnewsletter 2015; Verfügbar unter: https://medienportal.univie.ac.at/uniview/forschung/detailansicht/artikel/ nie-mehr-braune-aepfel/ [15.01.2021]
- Luerßen B et al., Die Kerze. Chemie in unserer Zeit, 2015. 49(6): S. 362-
- Naylor S, Keogh B, Concept Cartoons® in Science Education, Revised Edition 1.1., 2013. Millgate House Publishers: Sandbach.
- Warren D, The nature of science: Understanding what science is all about. 2001: Royal Society of Chemistry. https://edu.rsc.org/resources/ the-nature-of-science-concept-cartoons/1277.article [15.01.2021]
- Moules J, Horlock J, Naylor S, Keogh B, Science Concept Cartoons® Set 2, 2015, Millgate House Publishers: Sandbach.

### Forschendes Lernen mit Leo

### Mit Geschichten Erkenntnisprozesse im naturwissenschaftlichen Sachunterricht initijeren

Ania Lembens & Christian Nosko

Schlagwörter: Forschendes Lernen, Kinderliteratur, frühe naturwissenschaftliche Bildung, Sachunterricht

#### 1 Einleitung

Im naturwissenschaftlichen Sachunterricht geht es darum, "für jedes Kind die zentralen, übergreifenden Ideen der Naturwissenschaften erfahrbar zu machen, um darauf in der weiterführenden Schule ein konzeptuelles Verstehen aufbauen zu können"[1]. Hierzu ist es notwendig, dass Lernende Gelegenheiten erhalten, neuen Erfahrungen im Kontext naturwissenschaftlicher Phänomene einen subjektiven Sinn zuzuschreiben. Dies geschieht in einem dynamischen Prozess des Entwickelns bzw. Überdenkens von Erklärungen für die erfahrenen Phänomene. Im englischen Sprachraum wird dieser Prozess als "Sensemaking" bezeichnet [2]. Im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts sollten solche Sinnkonstruktionsprozesse darauf ausgerichtet sein, die Natur und ihre Prozesse sowie die Methoden zu ihrer Untersuchung für jede Schulstufe verstehbar zu machen. Seit mehr als einem Jahrzehnt gilt Forschendes Lernen als ein Zugang zu naturwissenschaftlichem Unterricht, der geeignet ist, allen Lernenden, unabhängig von ihren Vorkenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, Zugänge zum Lernen von Naturwissenschaften zu ermöglichen [3, 4].

Ziele des Forschenden Lernens sind dabei a) Fachwissen zu erwerben, b) naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen zu können und c) naturwissenschaftliche Denkund Arbeitsweisen reflektieren zu können [vgl. 5]. Um die Lernenden nicht zu überfordern und gezielt Kompetenzen anzubahnen und zu fördern, hat es sich als zielführend erwiesen, Forschendes Lernen schrittweise einzuführen [6]. Auf diese Weise kann Forschendes Lernen in der Schule dazu beitragen, allen Lernenden eine naturwissenschaftliche Grundbildung mit auf den Weg zu geben, die es ihnen ermöglicht, in ihrem Alltag informierte und reflektierte Entscheidungen zu treffen und verantwortungsvoll zu handeln.

Für Primarstufenlehrer\*innen ist dies eine große Herausforderung, da die Naturwissenschaften in ihrer Ausbildung nur einen vergleichsweise kleinen Anteil einnehmen, dies gilt ganz besonders für chemische Aspekte. Und so ist es nicht verwunderlich, dass die im naturwissenschaftlichen Sachunterricht durchgeführten Versuche oft einfache Hands-on-Aktivitäten sind, die anhand von geschlossenen Anleitungen durchgeführt werden, kognitiv wenig aktivierend und selten in sinnvolle übergreifende Kontexte eingebettet sind. Die

Lernenden haben so kaum eine Chance, die gemachten Erfahrungen und gewonnenen Erkenntnisse in ein System übergeordneter Konzepte einzuordnen. In diesem Artikel möchten wir zeigen, wie anhand des Themas "Saures und Basisches in unserem Alltag" [7] eine Basis für konzeptuelles Lernen unter Berücksichtigung zentraler Aspekte Forschenden Lernens gelegt werden kann.

#### 2 Forschendes Lernen erfolgreich umsetzen

Unter Lehrenden ist die Überzeugung weit verbreitet, dass Lernende auch in der Primarstufe große Freude am Durchführen von Versuchen haben und dabei viel lernen. Es gibt aber auch kritische Stimmen, die Zweifel daran äußern, ob praktisches naturwissenschaftliches Arbeiten eine effektive Methode zum Lernen von Naturwissenschaften ist [8]. Wie erfolgreich praktisches Arbeiten für das Lernen von und über Naturwissenschaften ist, hängt maßgeblich davon ab, wie gut die Passung zwischen Lehr-Lernzielen und den Voraussetzungen der Lernenden ist und wie gut strukturiert die hierzu geplanten und bereitgestellten Lerngelegenheiten sind.

#### Forschendes Lernen durch Geschichten initiieren

Es gibt vielfältige Möglichkeiten, Forschendes Lernen zu initiieren - Geschichten, wahre oder erfundene, können ergiebige Quellen und Anlässe dafür bieten, interessante Fragen aufzuwerfen. Geschichten ermöglichen es den Lernenden, eine Beziehung zwischen naturwissenschaftlichen Konzepten, die abstrakt und komplex sein können, und ihrer eigenen Lebenswelt herzustellen. Dies kann gelingen, indem die Geschichten einen Referenzrahmen eröffnen, innerhalb dessen das Lernen situiert werden kann [vgl. 9]. Geschichten können so ein Vehikel sein, um neue Erfahrungen und Erkenntnisse mit bereits gelernten Konzepten zu verknüpfen. Gute Geschichten haben das Potential, Lernende zu motivieren, indem sie das eigene Verstehen von Welt mit den Charakteren der Geschichte verknüpfen und eine fragende Haltung erzeugen.

#### Forschendes Lernen bedeutet, einer Frage nachzugehen

Forschendes Lernen geht immer von einer Fragestellung aus, zu deren Beantwortung auf verschiedene Arten Erkenntnisse gewonnen und zusammengetragen werden. Diese Erkenntnisse müssen dann im Lichte der Fragestellung interpretiert werden, um Antworten auf die Frage geben zu können (vgl. einleitender Artikel von Hofer & Lembens). Um den Lernenden Erkenntnisgewinnung zu ermöglichen, ist es wichtig, die Aufgaben und Aktivitäten so zu gestalten, dass sie auf die wesentlichen Aspekte zugespitzt sind. Die gleichzeitige Behandlung zu vieler neuer Aspekte hemmt die Lernenden in deren Erkenntnisgewinnungsprozessen und führt zu Überforderung. Eine Überforderung mit zu vielen verschiedenen neuen Aspekten ist unbedingt zu vermeiden. Geht es um fachliche Inhalte, müssen die Geräte und Methoden bekannt sein, mit denen gearbeitet werden soll. Geht es um das Erlernen von Prozeduren, müssen die fachlichen Anforderungen reduziert werden. Exemplarisch soll im Folgenden als Ziel das Erkennen von Mustern bei naturwissenschaftlichen Phänomenen herausgegriffen werden, um ein Denken in übergeordneten Konzepten anzubahnen.

Auf dem Weg zum Verstehen naturwissenschaftlicher Phänomene und Konzepte sind das Erkennen von Mustern und das Einordnen in übergeordnete Kategorien wichtige Meilensteine. Das Beobachten und Interpretieren mehrerer Phänomene, die demselben Prinzip unterliegen, bietet hierfür sinnvolle Lerngelegenheiten. Wichtig ist es, dass die Aufmerksamkeit der Lernenden durch geeignete Fragestellungen auf das Entdecken von Gemeinsamkeiten bei den zu beobachtenden Phänomenen gelenkt wird. Damit sich die Lernenden auf das Beobachten und Interpretieren der Phänomene konzentrieren können, um anschließend die Muster herauszuarbeiten und diese einordnen zu können, müssen die Aufgaben und Aktivitäten außerdem klar strukturiert sein und anhand von Abbildungen Unterstützung zur Durchführung bieten. Ebenso ist es wichtig, die Art und Weise des Dokumentierens der Beobachtungen und Erkenntnisse so zu strukturieren, dass die Lernenden auf den Weg zum Erkennen von Mustern und Zusammenhängen geführt werden. Dadurch können sich die Lernenden auf das Durchführen und Beobachten konzentrieren, um herauszufinden, ob sich bzw. welche Zusammenhänge sich zeigen [vgl. 10]. So können sie schlussendlich die gestellten Fragen beantworten.

#### 2.1 Einblick in ausgewählte Lerngelegenheiten, um Muster zu erkennen

Die Prinzipien naturwissenschaftlichen Arbeitens in schulische Kontexte zu übersetzen, ist herausfordernd, insbesondere im Primarstufenbereich. Wichtig ist, dass Lernende beim Durchführen naturwissenschaftlicher Untersuchungen nicht nur Daten sammeln, sondern dass der Unterricht so angelegt und begleitet wird, dass den beobachteten Phänomenen

zugrundeliegende Muster erkennbar werden und genutzt werden, um Sinnkonstruktionsprozesse anzuregen.

Um Lehrenden und Lernenden die Möglichkeit zu eröffnen, anhand von Phänomenen rund um "Saures und Basisches in unserem Alltag" Muster zu entdecken und einzuordnen, haben wir ein Materialpaket zum Themenfeld "Säuren und Basen" entwickelt, das zwei Bestandteile umfasst: den Geschichtenband "Leo" sowie die begleitenden Unterrichtsmaterialien.

Der Geschichtenband "Leo" [7] beinhaltet zehn Geschichten, die sich alle um Phänomene ranken, die im Zusammenhang mit Saurem und Basischem im Alltag zu beobachten sind. Im Zentrum der Geschichten steht Leo, ein etwa neun Jahre altes Mädchen. Leo ist sportlich und wissbegierig, sie liebt Geschichten über Forscher\*innen. Sie ist eine gute Beobachterin und stellt oft viele Fragen. Diese Geschichten ermöglichen es den Lernenden anhand verschiedener Alltagskontexte ihre Erfahrungen und Erkenntnisse zu systematisieren und dadurch zum Aufbau anschlussfähiger Konzepte innerhalb dieses Themenkomplexes beizutragen.

Im Verlauf der zehn Geschichten begegnet Leo mit ihren Freund\*innen und der Familie Phänomenen, die alle im Kontext von Saurem und Basischem im Alltag stehen: Pflanzenfarbstoffe ändern ihre Farbe, Gase entstehen, Gemüse wird haltbar gemacht, Milch gerinnt, Laugengebäck wird hergestellt, eine Kaffeemaschine wird entkalkt, die Wasserqualität im Schwimmbad wird kontrolliert etc.

Der Geschichtenband kann dem Genre Kindersachbuch zugeordnet werden. Dabei verfolgt er keinen sachlichinformierenden, sondern einen erlebnishaft gestalteten Ansatz [vgl. 11, S. 178]. Darin liegt der große Unterschied zu Kinderbüchern wie Pia und Paul und die Forscherparty [12] oder Nela forscht [13], die ebenso naturwissenschaftliche Inhalte vermitteln möchten. In diesen Büchern werden zahlreiche Versuche und fachwissenschaftliche Erklärungen in die Erzählung integriert. Auf diesen Aspekt wird bei Leo weitgehend verzichtet - es gibt weder Erklärungen von erwachsenen Protagonist\*innen noch Versuchsanleitungen. Vielmehr weisen die Geschichten in dem Buch einen hohen Alltagsbezug zur Lebenswelt von Schüler\*innen der Primarstufe auf und versuchen, chemische Phänomene und Anknüpfungspunkte aufzuzeigen.

Der didaktische Weg über die Kinderliteratur zu den Naturwissenschaften wurde aus zwei Gründen gewählt: Zum einen wird der Forderung des Lehrplans nachgekommen, der Sachunterricht der Volksschule soll die Schüler\*innen dabei unterstützen, ihre "unmittelbare und mittelbare Lebenswirklichkeit zu erschließen" [14, S. 84]. Zum anderen eignen sich Kindersachbücher besonders für einen "Einstieg in ein Sachthema, zur Motivation, zur Sammlung bisheriger Erfahrungen und bisherigen Wissens, zum Aufzeigen neuer Fragestellungen" [11, S. 189].

Ergänzend zu dem Geschichtenband werden für Lehrer\*innen auf der Website des AECC Chemie kostenlos begleitende Unterrichtsmaterialien angeboten [15]. Das Begleitmaterial für die Lehrkräfte umfasst für jede Geschichte folgende Elemente:

- Überblicksblatt (Kurzinformation mit Kompetenzformulierungen)
- Fachliche Klärung
- Differenzierte Aktivitätenblätter für Schüler\*innen: Basisblatt (B) sowie Erweiterungsblätter (E1 und E2)
- Didaktischer Kommentar mit Ideen zur Unterrichtsgestal-

Das Wort "Aktivitätenblätter" wurde bewusst gewählt, um bei Schüler\*innen und Lehrer\*innen keine ungewollten Assoziationen hervorzurufen. Dadurch soll eine Abgrenzung gegenüber klassischen Arbeitsblättern oder Hausaufgaben erreicht werden. Gleichzeitig soll es verdeutlichen, dass Schüler\*innen durch den Einsatz kompetenzorientiert Lernaufgaben in unterschiedlichen Sozialformen kognitiv aktiviert werden und so naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen bereits in der Primarstufe geübt werden können. Des Weiteren wird im Begleitmaterial für die Lehrkräfte für jede Lerngelegenheit übersichtlich dargestellt,

- was die Lernenden lernen sollen,
- welche Art von Aktivität zu diesem Lernen führen soll,
- was vorzubereiten ist und
- worauf besonders zu achten ist.

Um zu zeigen, wie anhand des Leo-Materials mit Lernenden im Sachunterricht Forschendes Lernen auf verschiedenen Levels (vgl. einleitender Artikel von Hofer & Lembens) durchgeführt werden kann, um Muster innerhalb des Kontexts Saures und Basisches zu erkennen, stellen wir zu jedem Level ein Beispiel vor.

#### Level 0

Auf Level 0 sind alle Schritte des Erkenntnisgewinnungsprozesses von der Fragestellung bis hin zur Interpretation der Ergebnisse für die Schüler\*innen vorgegeben. Solche Anleitungen werden auch gerne eher abwertend als "Kochbuchrezepte" bezeichnet. Sie haben jedoch eine wichtige Funktion, wenn es darum geht, "neue Methoden und Geräte kennenzulernen, das Lesen und Befolgen von Anleitungen zu üben, Abläufe zu ritualisieren, Sicherheitsregeln einzuführen oder Begrifflichkeiten zu festigen" [16, S. 5]. Besonders hervorzuheben ist, dass Forschendes Lernen auf Level 0 auch immer von einer Fragestellung ausgeht.

Im wahrsten Sinn des Wortes "rezepthaft" ist es, wenn eine Anleitung zur Herstellung von Rotkrautaufguss vorgegeben wird. Leo stellt mit ihrer Mutter den Rotkrautaufguss her, um hinter das Rätsel der sich verfärbenden Flüssigkeit des Zauberers zu kommen. Bei dieser Aufgabe geht es zunächst darum, das Rezept zu lesen, die Materialien bereitzustellen und genau nach Anleitung zu arbeiten. Ist der Rotkrautaufguss erst einmal hergestellt, können die Schüler\*innen diesen Zaubertrick als Farbänderung des im Rotkraut enthaltenen Farbstoffs identifizieren, der im sauren Milieu eine andere Farbe annimmt als im basischen.

Mama sagt: "Den Zaubertrick können wir auch machen! Ich habe Rotkraut zuhause, damit stellen wir den "Zaubersaft" her.

Leo und Mama bereiten einen Rotkrautaufguss zu. Hier ist das Rezept:

dabei von einer erwachsenen Person helfen. 2) Untersuche, wie sich Rotkrautaufguss mit Zitronensaft, Natronlösung und Wasser verfärbt. Fülle iedes Glas halbvoll mit einer dieser Lösungen. Gib dann zu jedem Glas gleichviel Rotkrautaufguss dazu.

1) Stelle selbst einen Rotkrautaufguss her. Lass dir

3) Male nun die Bilder der Gläser in der entsprechenden Farbe an und ergänze den Satz

Wie verändert sich die Farbe?



Rotkrautaufguss färbt sich Rotkrautaufguss färbt sich mit 7itronensaft mit Natronlösung

#### Rezept

Zwei frische Blätter Rotkraut werden kleingeschnitten und in einem Gefäß mit ca. einer Tasse kochendem Wasser übergossen Rotkrautstückchen abseihen Den Aufguss auskühlen lassen fertig ist der "Zaubersaft".



Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Aktivitätenblatt 3B

Die Komplexität und der Umfang der vorgegebenen Anleitungen variieren in den verschiedenen Kapiteln. So stellen die Schüler\*innen in Kapitel 9 anhand einer Anleitung (siehe Abb. 2) ein zunächst noch unbekanntes Gas (Kohlenstoffdioxid) her, um es später zu untersuchen. Dadurch lernen sie eine Methode kennen, um ein Gas herzustellen und einzufangen und sie üben das Lesen und Befolgen von Anleitungen.

#### 1) Um das Gas untersuchen zu können, musst du es zuerst erzeugen und sammeln.

- Gib zwei Brausetabletten in ein trockenes Brausetablettenröhrchen.
- Blase einen Luftballon auf und lasse die Luft wieder ausströmen, um ihn zu dehnen. Dehne auch die Öffnung des Ballons vorsichtig.
- Fülle eine Filmdose voll Wasser in den Ballon.
- sein Kind hält das Röhrchen fest, während das andere den Ballon vorsichtig auf die Öffnung des Röhrchens stülpt. Achte darauf, dass das Wasser im Ballon bleibt.
- Kippe den Ballon nach oben und lass das Wasser in das Röhrchen fließen.
- . Beobachte, was passiert. Horche auch am Röhrchen.

Jetzt hast du das Gas im Ballon gesammelt und kannst es untersuchen.

#### Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Aktivitätenblatt 9E2

Gerade dann, wenn Versuche aus zahlreichen Teilschritten bestehen und die Anleitung relativ umfangreich ist, können Sprach- und Verstehensprobleme auftreten. Um auf die unterschiedlichen Voraussetzungen und Bedarfe der Schüler\*innen einzugehen, ist es nötig, manchen Schüler\*innen zu diesem Versuch Hilfestellungen (vgl. Artikel von Sandra Puddu) anzubieten. Eine der möglichen Lernbegleitungsstrategien ist es, materialgeleitet zu unterstützen [17, S. 12f]. So sind z. B. im Begleitmaterial Wort-Bild-Karten zu finden, die Schüler\*innen bei der Bearbeitung der Aufgabenstellungen unterstützen und gleichzeitig Übungen zum Wortschatz ermöglichen. In diesem konkreten Fall erfolgt die Unterstützung in Form einer bebilderten Anleitung (siehe Abb. 3)



**Abbildung 3:** Ausschnitt aus der bebilderten Anleitung zu Aktivitätenblatt 9E2

#### Level 1

Auf Level 1 ist ausgehend von einer Fragestellung die Untersuchungsmethode vorgegeben, während die Datenauswertung und Ergebnisinterpretation in der Hand der Schüler\*innen liegen. Level 1 Versuche könnten als "klassische Schulversuche" bezeichnet werden [16, S. 5], bei denen Schüler\*innen eine Anleitung zur Versuchsdurchführung erhalten, aber selbst die Beobachtungen und Ergebnisinterpretation vornehmen sollen. Das Beobachten ist ein wesentlicher Aspekt naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen, der auch in der frühen naturwissenschaftlichen Bildung geübt werden sollte, worauf Steffensky nachdrücklich hinweist [18, S. 6]. Ziel ist es dabei nicht nur Beobachtungen durchzuführen, sondern auch Wissen über die Methode zu generieren. Dies umfasst Erkenntnisse darüber, dass Beobachten ein zielgerichteter Prozess ist, dass man mit verschiedenen Sinnen beobachten kann sowie Wissen über die Funktion von Hilfsmitteln beim Beobachten. Dabei ist es wichtig, dass Schüler\*innen nicht nur etwas beobachten, vielmehr ist das gemeinsame Nachdenken über diesen Vorgang entscheidend [18, S. 16].

Durch das Leo-Material werden Schüler\*innen angeregt, gegebenenfalls mit mehreren Sinnen zu beobachten. Was kannst du mit deinen Augen beobachten, was hörst du, wie fühlt es sich an?

Diese Beobachtungen sollten in einem nächsten Schritt von den Schüler\*innen verbalisiert oder gezeichnet und zu Papier gebracht werden. Um das Beobachten anzuleiten, sind im Begleitmaterial folgende Aufgabenvarianten zu finden:

a) Aufgaben, bei denen Schüler\*innen ihre Beobachtungen in vorgegebene Felder zeichnen können.



Abbildung 4: Ausschnitt aus dem Aktivitätenblatt 2B

b) Aufgaben, bei denen Schüler\*innen üben, ihre Beobachtungen systematisch zu beschreiben. Bei komplexeren Vorgängen können Sätze oder Satzteile vorgegeben werden, die dann in die richtige Reihenfolge gebracht werden sollen.

#### 1) Was geschah, als Leo eine Brausetablette in ein Glas mit Wasser warf? Beschreibe deine Beobachtung, Bringe die Sätze in die richtige Reihenfolge:

	Um die Brausetablette bilden sich viele kleine Blasen, die man Bläschen nennt.
1	Ich fülle das Glas mit Wasser.
	Von der Wasseroberfläche gehen die Bläschen in die Luft über.
	In der Luft sind keine Bläschen mehr zu sehen.
	Die Bläschen steigen schnell im Wasser auf.
	Ich gebe eine Brausetablette hinein.
	Am Ende ist die Brausetablette nicht mehr zu sehen.

Abbildung 5: Ausschnitt aus dem Aktivitätenblatt 2E1

c) Aufgaben, bei denen Schüler\*innen ihre Beobachtungen mit eigenen Worten beschreiben sollen. Dieser Aufgabentypus ist mit Sicherheit anspruchsvoll, vor allem, wenn aus der Beschreibung anschließend Schlussfolgerungen gezogen werden sollen wie im folgenden Beispiel.



Abbildung 6: Ausschnitt aus dem Aktivitätenblatt 5E1

#### Level 2

Auf Level 2 beim Forschenden Lernen ist nur noch die Fragestellung vorgegeben. Die Schüler\*innen sollen Vermutungen äußern, passende Versuche planen und durchführen sowie die Ergebnisse in Bezug zu ihren Vermutungen setzen [16, S. 5]. Für Schüler\*innen der Primarstufe stellt dies eine große Herausforderung dar, da im Sachunterricht neben den Naturwissenschaften mehrere Lern- und Erfahrungsbereiche beachtet werden müssen und so die Zeit zum Erwerb der grundlegenden Kompetenzen auf Level 0 und 1 beschränkt ist. Aus diesem Grund sind Aufgabenstellungen auf Level 2 im Begleitmaterial ausschließlich auf den Erweiterungsblättern zu finden.

Eine zu Level 2 passende Aufgabenstellung bezieht sich beispielsweise auf Stoffe, die ein Sprudeln in Wasser verursachen. In einem ersten Schritt werden vorgegebene Produkte (Badekugel, Traubenzuckerbonbon, Brausepulver etc.) daraufhin untersucht, ob sie in Wasser sprudeln. In einem zweiten Schritt werden die Inhaltsstofflisten nach Gemeinsamkeiten untersucht. Die Schüler\*innen erkennen dadurch, dass die vorgegebenen Produkte, die in Wasser sprudeln, alle die Inhaltsstoffe Zitronensäure, Natron und Farbstoff enthalten. Nun soll durch eine passende Untersuchung herausgefunden werden, welcher Inhaltstoff bzw. welche Inhaltsstoffe gemeinsam für das Sprudeln in Wasser verantwortlich sind.

#### 3) Welcher dieser Inhaltsstoffe verursacht das Sprudeln?

Oder sind sogar mehrere Inhaltsstoffe gemeinsam für das Sprudeln notwendig? Führe dazu eine Untersuchung durch. Zeichne deine Beobachtungen ein

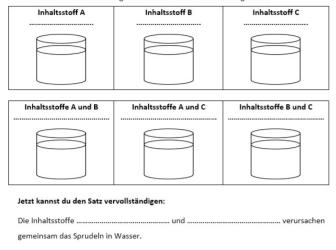


Abbildung 7: Ausschnitt aus dem Aktivitätenblatt 2E2

Die grafische Darstellung der Aufgabe soll Unterstützung bei der Planung und Durchführung bieten und die Schüler\*innen zu einem genauen Beobachten, präzisen Dokumentieren und Schlussfolgern anleiten.

Eine weitere Aufgabenstellung aus der Handreichung auf Level 2 bezieht sich auf das Identifizieren unterschiedlicher Arten von Schulkreide, wie sie zum Schreiben an Tafeln verwendet werden. Die Schüler\*innen wissen aus den vorangehenden Versuchen, dass kalkhaltige Stoffe in sauren wässrigen Lösungen ein Gas (Kohlenstoffdioxid) bilden und können diese Nachweismethode anwenden, um die kalkhaltige Schulkreide zu identifizieren.

2) Welche Schulkreide besteht aus Kalk? Es gibt eckige und runde Schulkreide, aber nur eine der heiden Sorten besteht aus Kalk Plane dazu eine Untersuchung und führe diese durch.



Beschreibe deine Untersuchung. Wenn du Hilfe brauchst, hat deine Lehrerin / dein Lehrer ein Blatt mit Satzanfängen für dich

#### Abbildung 8: Ausschnitt aus dem Aktivitätenblatt 5E1

Bei dieser Aufgabenstellung gibt es die Möglichkeit einer materialgeleiteten Unterstützung in Form eines Blattes mit Satzanfängen. Schüler\*innen, die es brauchen, können den Verlauf der Untersuchung beschreiben, indem sie passende Satzanfänge aus der Sammlung wählen und mit eigenen Worten ergänzen.

#### Level 3

Auf Level 3 liegt der gesamte Untersuchungsprozess inklusive der Formulierung einer passenden Forschungsfrage in den Händen der Schüler\*innen, was sich als besonders schwierige Aufgabe erwiesen hat [16, S. 5]. Auch wenn bis jetzt keine Fragestellungen zu diesem Level im Begleitmaterial vertreten sind, so ist es dennoch denkbar, dass Schüler\*innen im Verlauf des Arbeitens selbst Fragen finden und diesen nachgehen. Dies zeigte sich eindrucksvoll bei Unterrichtsbeobachtungen, wo Schüler\*innen mit dem Rotkrautextrakt nicht nur die vorgegebenen Lösungen, sondern sämtliche denkbaren Flüssigkeiten testeten. Von dem Farbenspiel beeindruckt, experimentierten einige Schüler\*innen weiter und erkannten in groben Zügen das Prinzip einer Neutralisationsreaktion.

#### 3 Fazit

In der Kinder- und Jugendliteratur finden sich zahlreiche Anknüpfungspunkte, um naturwissenschaftliche Phänomene zu thematisieren und zu untersuchten. Das Besondere am Leo-Material ist, dass es viele beliebte Versuche aus Schul- und "Experimentier"büchern aufgreift und diese systematisch in Kontexte und Lerngelegenheiten einbettet, die es erlauben, Aspekte Forschenden Lernens im Sachunterricht umzusetzen. Alle Geschichten sind darauf ausgerichtet, Erfahrungen und Erkenntnisse mit Stoffen, die sauer oder basisch reagieren, zu sammeln und zu systematisieren. Dadurch ist dieses Materialpaket geeignet, Sinnkonstruktionsprozesse und das Lernen übergeordneter naturwissenschaftlicher Konzepte anzubahnen.

Anja Lembens ist Universitätsprofessorin für Didaktik der Chemie und Leiterin des Österreichischen Kompetenzzentrums für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) an der Universität Wien. Christian Nosko ist Lehrender an der Kirchlichen Pädagogische Hochschule Wien/Krems und Projektmitarbeiter am Österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) an der Universität Wien.

#### Literatur

- Lembens A, Nosko C, Erfahrungen und Erkenntnisse zu chemischen Aspekten des Alltags ermöglichen. Entwicklung und Evaluation eines Materialpaketes für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht, In: Fokus Grundschule. in Druck, Waxmann: Münster, New York
- Davis E, Zembal-Saul C, Kademian S, Working towards a vision of sensmaking in elementary science, In: Sensemaking in elementary science. Supporting teacher learning, E Davis, C Zembal-Saul, S Kademian (Hrsg.). 2020, Routledge: New York. S. 1-11.
- Rocard M, Csermely P et al., Naturwissenschaftliche Erziehung jetzt: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas, Europäische Kommission (Hrsg.). 2007, Europäische Kommission: Brüssel. S. 22.
- Abels S., Inquiry-Based Science Education and Special Needs Teachers' Reflections on an Inclusive Setting, Sisyphus Journal of Education, 2014. 2(2): S. 124-154.
- Abrams E, Southerland S, Evans C, Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition, In: Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities, E Abrams, S Southerland, P Silva (Hrsg.). 2008, Information Age Publishing: Charlotte, North Carolina. S.
- Blanchard M, Southerland S et al., Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. Science Education, 2010. 94(4): S. 577-616.

- Nosko C, Jaklin-Farcher S, Reiter K, Lembens A, Leo Saures und Basisches in unserem Alltag. 2020, Norderstedt: BoD.
- Abrahams I, Millar R, Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. International Journal of Science Education, 2008. 30(14): S. 1945-1969.
- Hewlett C, Science from stories, In: Teaching science in the primary classroom, H Ward, J Roden (Hrsg.). 2016, Sage: London. S. 123-136.
- Ward H, Scientific enquiry and working scientifically, In: Teaching science in the primary classroom, H Ward, J Roden (Hrsg.). 2016, Sage: London. S. 72-97.
- [11] Fürst I, Helbig E, Schmitt V, Kinder- und Jugendliteratur. 4. Aufl. Theorie und Praxis. 2018: Bildungsverlag EINS.
- [12] Frühwirth B, Fruhmann M, Pia und Paul und die Forscherparty. 2016: Eigenverlag.

- [13] Schwefer D, Nela forscht Papa, trinkst du heute eine Tasse Luft? 2. erw. Auflage 2015: Debbie Schwefer Kinderbuchverlag.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Lehrplan [14] der Volksschule - Sachunterricht. 2012: Wien.
- Nosko C, Jaklin-Farcher S, Reiter K, Lembens A. Materialien für die Primarstufe – Leo: Saures und Basisches in unserem Alltag. 2020. Verfügbar https://aeccc.univie.ac.at/lehrerinnen/unterrichtsmaterialien/leoprimarstufe/ [15.01.2021]
- Abels S, Lembens A, Mysteries als Einstieg ins Forschende Lernen im Chemieunterricht. Chemie & Schule, 2015. 30(1b): S. 3-5.
- Abels S, Brauns S, Egger D, Forschendes Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. IMST Newsletter Forschendes Lernen, 2020, 50; S. 10-14.
- [18] Steffensky M, Frühe naturwissenschaftliche Bildung. 2018.

### Kommentar der Herausgeberinnen

### Was ist drin, wenn Forschendes Lernen draufsteht?

#### Elisabeth Hofer & Anja Lembens

Wie im einführenden Artikel dargelegt, stellt Forschendes Lernen keine simple Unterrichtsmethode dar, sondern schließt als instruktionaler Ansatz eine Vielzahl didaktischer und methodischer Modelle und Strategien ein. Dementsprechend schwierig gestaltet sich die Abgrenzung von Forschendem Lernen gegenüber anderen instruktionalen Zugängen, was sich häufig in Fragen, wie "Zählt das schon als Forschendes Lernen?" oder "Ist das dann überhaupt noch Forschendes Lernen?", widerspiegelt. In unserem Verständnis von Forschendem Lernen, das wesentlich von den Ausführungen in den National Science Education Standards geprägt ist, kennzeichnet sich Forschendes Lernen vor allem durch das Durchführen eines durch eine Fragestellung initiierten naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses. Sowohl die dabei eingesetzten Untersuchungsmethoden, als auch das Maß an Eigenverantwortung durch die Lernenden kann dabei variieren. Um die Lernenden nicht zu überfordern und deren Kompetenzentwicklung gezielt zu fördern, kann es sinnvoll sein, einzelne Schritte des Erkenntnisgewinnungsprozesses in den Fokus zu rücken und isoliert zu üben. In diesem Fall plädieren wir dafür, von Aspekten Forschenden Lernens zu sprechen. Unter einer als 'Forschendes Lernen' bezeichneten Unterrichtseinheit verstehen wir eine Einheit, welche einen in sich geschlossenen Erkenntnisgewinnungsprozess abbildet.

In diesem Sinne möchten wir hier Unterstützung bei der Einordnung der in diesem Heft abgedruckten Artikel geben. Betrachtet man die unterrichtspraktischen Beiträge, so präsentiert sich eine Vielfalt an Möglichkeiten, Forschendes Lernen oder Aspekte desselben in den Unterricht zu implementieren. Es werden Vorschläge gemacht, wie Fragestellungen für Forschendes Lernen eingeführt (z. B. durch Einstiegsversuche, Geschichten, Sachtexte oder Concept Cartoons) oder Lernende dabei unterstützt werden können,

begründete Vermutungen oder Fragestellungen zu formulieren (z. B. durch Aussagen in Concept Cartoons, eine Auswahl an möglichen Fragestellungen oder zu verwendende Textbausteine im Wenn-Dann-Stil).

Während die übergeordneten Fragestellungen im Projekt INOUIRY steps sowie im Beitrag Fragen stellen und Hypothesen generieren in einem unmittelbaren Zusammenhang mit den zur Verfügung gestellten Untersuchungsmaterialien stehen, geht es in den Beiträgen zum Materialpaket Leo sowie zur Unterrichtseinheit rund um den Eisbären vorrangig darum, "forschende Lernwege" zu initiieren bzw. Lerngelegenheiten im Zeichen der Erkenntnisgewinnung zu gestalten. Von Alltagskontexten inspiriert, die durch Geschichten thematisiert werden, sollen Lernende aufgeworfene Fragen mit Hilfe der Erkenntnisse aus selbst durchgeführten Untersuchungen beantworten. Die Projekte INQUIRYsteps und Exver (Beitrag Fragen stellen und Hypothesen generieren) nehmen zudem die prozeduralen und epistemischen Kompetenzen der Lernenden in den Fokus, indem Aspekte wie Variablenkontrolle und Ursache-Wirkungsbeziehungen adressiert werden. Insgesamt sind in allen Beiträgen jeweils Fragestellungen zu bearbeiten sowie Untersuchungen auf Level 1 und 2 enthalten – Aspekte Forschenden Lernens werden also in jedem Fall abgedeckt. Bezieht man die eingangs gestellte Frage, "Zählt das schon als Forschendes Lernen?", auf einen vollständigen, in sich geschlossenen Untersuchungsprozesses, so ist diese wohl am ehesten für den Beitrag zum Projekt INQUIRYsteps mit "Ja" zu beantworten.

Elisabeth Hofer Didaktik der Naturwissenschaften, Leuphana Universität Lüneburg. Anja Lembens AECC Chemie, Universität Wien

### Warum friert der Eisbär nicht?

### Die Beobachtung eines Naturphänomens als Ausgangspunkt für Forschendes Lernen

Teresa Hanzl & Erich Reichel

Schlagwörter: Forschendes Lernen, Naturphänomen, naturwissenschaftlicher Sachunterricht

#### 1. Der Eisbär im Sachunterricht

"Für den Grad von Wärme, um welchen ein Thier sich über seine Umgebung zu erheben vermag, ist das Verhältniss seines Volumens zu seiner Oberfläche natürlich von grosser Wichtigkeit." [1]

Schon Carl Bergmann beschäftigt sich auf Seite 8 in seiner 1847 in Göttingen erschienenen Arbeit "Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Größe" mit der Frage, woher die Wärme bei gleichwarmen Tieren kommt.

Im Zuge der Klimadiskussion findet man immer wieder die Eisbären als besonders betroffene Lebewesen. Und sogleich stellt sich hier auch die Frage, wie der Eisbär in dieser "lebensfeindlichen" Umgebung der Arktis als gleichwarmes Tier überhaupt leben kann? Warum machen ihm höhere, klimabedingte Umgebungstemperaturen Probleme? Und eine Frage wie "Welche Farbe hat ein Eisbär?" kann durchaus irritierend auf die Schüler\*innen wirken. Solche Fragen regen aber zum Denken und Handeln an und sind somit gute Impulse für das Lernen von der Natur. Der "Eisbär" wurde daher als zentrales Thema für eine Unterrichtssequenz zum Forschenden Lernen für den Sachunterricht in der Primarstufe ausgewählt. Über das Tier wird ein direkter Bezug zu Wärmeleitung und Wärmedämmung hergestellt. Grundlegende physikalische Gesetzmäßigkeiten lassen sich dadurch (im wahrsten Sinne des Wortes) begreifen.

Dabei werden physikalische Grundlagen, wie sie schon von der Bergmannschen Regel beschrieben werden, aber auch von der Temperatur(-differenz) und von der isolierenden Wirkung des Fells anschaulich und experimentell vermittelt.

#### 2. Ein forschender Lernweg mit dem Eisbären

Als Unterrichtsprinzip wurde das Forschende Lernen ausgewählt. Dabei werden die Schüler\*innen motiviert, ausgehend von ihren Beobachtungen, Fragen zu formulieren und diese mit entsprechenden, einfachen Experimenten zu beantworten. So erlernen Kinder im naturwissenschaftlichen Sachunterricht konzeptuelles Wissen und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen wie Beobachten, Vergleichen und Experimentieren im Sinne der Scientific Literacy. Diese Vorgangsweise führt dazu, dass Kinder ihre Umwelt bewusster

wahrnehmen und daraus neue Erkenntnisse ziehen [2]. Der Lernweg führt schlussendlich zum intuitiven Verständnis der Bergmannschen Regel, sowie zu den physikalischen Grundlagen des Wärmetransportes.

Folgende Ziele, angepasst an die 4. Klasse Volksschule wurden definiert:

- Die Schüler und Schülerinnen können ein Experiment durchführen.
- Die Schüler und Schülerinnen können das Ergebnis eines Experimentes mit eigenen Worten erklären.
- Die Schüler und Schülerinnen können erklären, warum ein Eisbär nicht friert.

Die dabei umgesetzten Inhalte sind aus dem Lehrplan der österreichischen Volksschule für den Sachunterricht, Grundstufe II abgeleitet. Sie umfassen auszugsweise [3]:

- "Begegnung mit der Natur, dabei spezifische Arbeitstechniken und Fertigkeiten erweitern, festigen und bewusst anwenden - einfache Experimente (gemeinsam) planen, durchführen und auswerten"
- "Formenkenntnis über Pflanzen und Tiere erweitern und festigen - Ausgewählte Pflanzen und Tiere der näheren und allmählich auch der weiteren Umgebung kennen und benennen; auch einige geschützte Pflanzen und Tiere"
- "Spezifische Arbeitstechniken anwenden; Experimentieren -Durch probierendes und konstruierendes Tun sollen neben elementaren Handlungserfahrungen und grundlegenden Einsichten auch Arbeitsweisen des Experimentierens erworben werden"
- "Kenntnisse über Kräfte und ihre Wirkungen erwerben Einige Auswirkungen von Wärme kennenlernen"
- "Spezifische Arbeitstechniken anwenden: Beobachten, Klassifizieren, Experimentieren und Dokumentieren"

#### 2.1 Beschreibung der Unterrichtssequenz 2.1.1 Einstieg mit der Geschichte "Polar Bear and the Rainbow"

Der Einstieg zum Thema Eisbär erfolgt in der Klasse durch die Geschichte "Polar Bear and the Rainbow" [4], welche mit Bildkarten erzählt wird. Die Geschichte handelt von einem Eisbären, der gerne bunt wie ein Regenbogen wäre. Durch viele verschiedene Situationen mit seinen Freunden (z. B. Schnee fällt und er hat die gleiche Farbe) erkennt der kleine Eisbär aber, wie schön seine Fellfarbe ist und welche Vorteile sie hat. Diese Geschichte ist sehr kindgerecht erzählt, beinhaltet aber auch naturwissenschaftliche Fehlvorstellungen, die zu Fragen anregen und Klärung erfordern. Anschließend werden Fragen zum Eisbären und das Wissen der Kinder darüber gesammelt. Exemplarisch hier einige Gedanken bzw. Fragen der Schüler\*innen:

- Der Eisbär ist gar nicht immer weiß.
- Der Eisbär hat schwarze Haut.
- Wie kann der Eisbär im Sonnenlicht eine andere Fellfarbe
- Ist der Eisbär eigentlich weiß?

Dadurch kann ein Überblick über die Vorstellungen der Schüler\*innen zum Eisbären und seine Art des Wärmehaushaltes gewonnen werden.

#### 2.1.2 Einstiegsexperimente

Im Anschluss daran folgen die Einstiegsexperimente, die in den Abschnitten 2.2.1 und 2.2.2 beschrieben werden. Sie werden mit der Gruppe gemeinsam durchgeführt. Das Einstiegsexperiment 1 (2.2.1) ist sehr kindgerecht gestaltet und ermöglicht ein subjektives Fühlen der unterschiedlichen Erwärmung eines schwarzen und eines weißen Eisbärenmodells. Damit können Kinder sehr einfach die unterschiedliche Erwärmung beobachten und beschreiben.

Mit Einstiegsexperiment 2 (2.2.2) wird den Kindern die Möglichkeit der objektiven Feststellung des Wärmeinhaltes eines Körpers durch Messung seiner Temperatur vermittelt. Eine weiß und eine schwarz gefärbte Streichholzschachtel, in denen jeweils ein Thermometer steckt werden eine bestimmte Zeit lang erwärmt. Nach der verstrichenen Zeit werden die Thermometer abgelesen und mit der Ausgangstemperatur verglichen.

Dieses Experiment führt die Kinder vom subjektiven Wahrnehmen unterschiedlicher Temperaturen zu vergleichbaren Messungen. Währenddessen sollen die Schüler\*innen ihre Vermutungen mitteilen, wie sich die Temperatur entwickeln würde.

#### 2.1.3 Arbeitsphase

In dieser Phase der Unterrichtssequenz sollen die Kinder in Hinblick auf die Bergmannsche Regel das thermische Verhalten von Volumen zu Oberfläche eines Körpers, aber auch die Bedeutung der Wärmeisolierung untersuchen. Damit wird versucht, die häufig vorliegende Schülervorstellung

vom wärmenden Pelz hin zum wärmeisolierenden Pelz zu korrigieren [5].

Ausgehend von ihren anfänglichen Vermutungen und Fragen haben die Kinder, in Kleingruppen eingeteilt, jetzt eine Reihe von Materialien zur Verfügung, damit sie ihr eigenes Experiment durchführen können. Dabei sind Variationen des Experiments in Hinblick auf Größe und Farbe des Körpers, sowie auf die Isolierung möglich. Bei festgelegter Starttemperatur soll jetzt aber gemessen werden, wie rasch oder langsam die Abkühlung verläuft.

Schwierigkeiten der Gruppen bei der Entwicklung eigener Forschungsfragen werden mit Hinweiskuverts, die Hilfestellungen und Ideenvorschlägen enthalten, abgefangen. Dadurch können die Schüler\*innen weitgehend selbstständig arbeiten.

#### 2.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der individuellen Experimente

Am Ende werden von den Gruppen die einzelnen Experimente und ihre Ergebnisse vorgestellt. Dabei werden die unterschiedlichen Endtemperaturen verglichen. Es wird festgestellt, dass große Körper langsamer als kleine und gut isolierte gleich große Körper langsamer als nicht isolierte abkühlen. Abschließend werden die Ergebnisse von der Lehrperson zusammengefasst und mit den Kindern noch einmal besprochen.

#### 2.2 Die Experimentierumgebung

Die Unterrichtssequenz benötigt eine variable Experimentierumgebung, damit die Kinder ihre eigene Experimentvariante im Rahmen der Möglichkeiten durchführen können. Dazu werden die beiden Experimente, die als Einstieg dienen, beschrieben.

Die Experimentierumgebung besteht aus folgenden, einfach beschaffenden Materialien: Flüssigkeitsthermometer, Infrarotlampen, elektrischer Wasserkocher, Fläschchen in unterschiedlichen Größen, schwarz und weiß eingefärbte Zündholzschachteln, Dämmmaterialien wie Luftpolsterfolie, Wollstücke und Plüsch (als Pelzersatz), schwarzer und weißer Karton in Eisbärform.

Folgende Experimente und ihre Variationen werden vorgeschlagen bzw. können damit durchgeführt werden.

#### 2.2.1 Warum hat der Eisbär eine schwarze Haut 1?

Dieses Experiment ermöglicht die subjektive Wahrnehmung der Erwärmung einer schwarzen Oberfläche gegenüber einer weißen. Es zeigt die Absorptionsfähigkeit unterschiedlich gefärbter Oberflächen (Abb. 1).



Abbildung 1: Schwarze Oberflächen werden wärmer als weiße.

Die Kinder halten die Infrarotlampe vorsichtig am Standfuß und richten diese auf die Eisbärformen und zählen langsam bis 40. Sie legen jeweils die eine Hand auf die schwarze Eisbärform und die andere Hand auf die weiße Eisbärform.

Welche Eisbärform fühlt sich wärmer an?

#### 2.2.2 Warum hat der Eisbär eine schwarze Haut 2?

Dieses Experiment ermöglicht die Anstellung von Vergleichen durch Messung der Temperatur (Abb. 2).



Abbildung 2: Temperatur im Inneren von unterschiedlich gefärbten Streichholzschachteln

Auch bei diesem Experiment wird die Absorptionsfähigkeit unterschiedlich gefärbter Oberflächen gezeigt. Die Durchführung ist gleich wie in Abschnitt 2.2.1 beschrieben.



Abbildung 3: Energieverlust und Wärmedämmung (Für dieses Experiment können auch Gläser verwendet werden. Dabei ist nur zu achten, dass aufgrund der Verdunstung an der Oberfläche alle Gläser die gleiche Öffnung haben.)

#### 2.2.3 Energieverlust und Wärmedämmung

Dieses Experiment lässt eine Reihe von Varianten zu, die die Forschungsfragen der Kinder beantworten helfen. In erster Linie geht es dabei um die Messung der Temperaturabnahme in einem Gefäß, das mit heißem Wasser aus einem Wasserkocher gefüllt wird.

Variante 1: Unterschiedlich große Fläschchen zeigen die Temperaturabnahme in Abhängigkeit von Volumen und Oberfläche (Bergmannsche Regel).

Variante 2: Unterschiedlich eingehüllte gleich große Fläschchen zeigen die Wirkung der Isolierung. Luftpolsterfolie zeigt dabei sehr anschaulich die Isolierwirkung durch Lufteinschluss.

Die Kinder zählen wieder bis 40 und dokumentieren die Temperatur. Diese wird dann mit der Starttemperatur verglichen.

#### 3. Lernen die Schüler\*innen etwas bei dieser Unterrichtssequenz?

Der Stationenbetrieb wurde mit 22 Kindern der 4. Schulstufe in zwei Gruppen durchgeführt. Als Vergleichsgruppe dienten 22 Kinder, die einen Stationenbetrieb mit den gleichen Zielen und Inhalten absolvierten. Dieser Stationenbetrieb wird in dieser Arbeit nicht beschrieben, kann aber in [6] nachgelesen werden. Als wichtigste Ergebnisse, die mit einem Fragebogen erhoben wurden, stellte sich heraus, dass die Kinder, die mit der beschriebenen Unterrichtssequenz des Forschenden Lernens unterrichtet wurden, ihr Experiment und die damit verbundenen Beobachtungen und Erklärungen deutlich besser beschreiben konnten, weil sie nicht nur ein "Rezept" wie im Stationenbetrieb abarbeiten mussten. Bei den Wissensfragen war der Unterschied nicht so deutlich zu beobachten. Deutlich wurde eine Frage, die schwarze Haut des Eisbären betreffend, von beinahe allen Kindern richtig beantwortet.

Ziel bei der Entwicklung dieser Unterrichtssequenz war auch, die Vorteile des Forschenden Lernens bei der Kompetenzförderung aufzuzeigen und dass sich der zusätzliche Arbeitsaufwand des Forschenden Lernens durchaus lohnt. Die Schüler\*innen konnten in dieser Unterrichtssequenz ihrem Bedürfnis Fragen zu stellen, nachgehen und im weiteren Verlauf diese Fragestellungen auf ihre eigene Art und Weise bearbeiten. Besonders das Thema "Eisbär" fasziniert die Kinder und bildet einen interessanten Kontext für relevante, spannende Fragen und ermöglichen einen Weg zur Einführung naturwissenschaftlicher Inhalte, wie Absorption

und Wärmeisolierung, im Rahmen des Sachunterrichts in der Volksschule.

Nähere Details sind in der Masterarbeit "Forschendes Lernen versus Stationenlernen: ein Vergleich im Sachunterricht anhand des Themas Bionik" von Teresa Hanzl nachzulesen [6].

Diese Thematik ist auch in einem "Physik mal anders" -Lernvideo umgesetzt worden und eignet sich ebenfalls für den Einstieg in dieses Thema. Das Video "Warum friert ein Eisbär nicht? ist hier zu finden: https://www.dieindustrie.at/physikmal-anders/

Teresa Hanzl ist Volksschullehrerin und unterrichtet an der Volksschule Bad Blumau. Erich Reichel ist Hochschulprofessor für Fachdidaktik Naturwissenschaften und Technik an der Pädagogischen Hochschule Steiermark.

#### Literatur

- Bergmann C. Ueber die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Größe. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht. 1848.
- Haslbeck H, Lankes E, Kohlhauf L, Neuhaus B, Wie viele Variablen darf ich beim Experimentieren variieren? Ein Training für Grundschullehrkräfte zum Einsatz der Variablenkontrollstrategie im Unterricht. In: Knörzer M, Förster L, Franz U, Hartinger A (Hrsg.). Forschendes Lernen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. 2019. S. 107-113.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. Lehrplan der Volksschule. 2012. Verfügbar unter: https://www.bmbwf.gv.at/ Themen/schule/schulpraxis/lp/lp\_vs.html [15.01.2012]
- Butterfield M, Rescek S. Polar Bear and the Rainbow. Parragon Inc. 2006.
- Duit R. Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Kircher E, Schneider WB (Hrsg.). Physikdidaktik in der Praxis. Berlin, Heidelberg, New York. 2003. S. 1-6.
- Hanzl T. Forschendes Lernen versus Stationenlernen: ein Vergleich im Sachunterricht anhand des Themas Bionik, Graz: Masterarbeit an der PH Steiermark. 2020.

# Schneephysik – vom Knirschen und der Ruhe im Schnee

#### Leo Ludick

Dass Schneeflocken in einer derartigen Vielzahl an Formen und Mustern zu Boden schweben, hängt mit dem relativ langen Weg zusammen, den die Flocke durch die Atmosphäre zurücklegt. Alles beginnt mit winzig kleinen sechseckigen Eiskristallen. Beim Fallen durch die Wolke geraten sie in Gebiete unterschiedlicher Temperaturen und relativer Feuchte und können durch Anlagerung von Wasser unterschiedliche Formen ausbilden.

Dass es bei Schneefall ruhiger als bei Regen ist, hängt zunächst mit der geringeren Masse der Schneeflocken zusammen. Außerdem schweben sie wesentlich langsamer zu Boden, als es Regentropfen tun. Aber auch nach dem Schneefall ist es in der Landschaft ruhig. Die Geräusche, wie etwa auch das Hupen eines Autos, sind gedämpft, da sich zwischen den gefallenen Schneeflocken luftgefüllte Zwischenräume bilden, die den Schall absorbieren. Frisch gefallener Schnee wirkt so wie eine schalldämmende Wandverkleidung. Einige Zeit später liegt der Schnee dann dichter und die Schalldämmung endet.

Das Schneeknirschen hängt mit der Kristallform zusammen. Tritt man auf Schnee, dann zerbrechen diese Kristalle mit einem knirschenden Geräusch. Dies passiert allerdings nur bei Neuschnee und tiefen Temperaturen. Außerdem entweicht im Neuschnee unter der Schuhsohle die eingeschlossene Luft und verstärkt so dieses Knirschen. Weiters sind in der Kälte diese Eiskristalle sehr steif und fest und brechen daher lauter. Zerbricht ein einzelnes, mikroskopisch kleines Eiskristall, dann ist der Ton nicht hörbar. Da man jedoch mit jedem Tritt mehrere Millionen Kristalle gleichzeitig zerstört, ergibt dies in Summe das Knirschgeräusch. Liegt der Schnee länger, dann verdichtet er sich von selbst und mit dem Knirschen ist es vorbei.

Mag. Leo Ludick ist pensionierter AHS-Lehrer für Physik und war Fachdidaktiker an der Johannes Kepler Universität, Linz. Er ist derzeit pädagogischer Berater des oö Science Centers Welios.

# Fragen stellen und Hypothesen generieren

### Anregungen zum Forschenden Lernen in der Volksschule

Eva Freytag

**Schlagwörter:** Forschendes Lernen, Verstehensprozesse, Eigenaktivität, Sachtexte, naturwissenschaftlicher Sachunterricht

#### 1. Forschendes Lernen und Verstehensprozesse

Der Sachunterricht in Österreich erfährt mit der Einführung eines neuen Lehrplans für den Primarschulbereich im Schuljahr 2022/23 eine kompetenzorientierte Ausrichtung. Mit diesem Schritt wird im naturwissenschaftlichen Sachunterricht über die Phänomenebene hinaus das fachliche Verstehen der Lernenden relevant und gewinnt an Bedeutsamkeit. Bei Verstehensprozessen, wie auch beim Forschenden Lernen, stehen für Lernende idealerweise bedeutsame Fragen am Beginn der Auseinandersetzung mit einer Sache. Mit der Formulierung einer Frage gehen die Auswahl, die Konkretisierung und die Fokussierung eines Teilinhalts des behandelten Lerngegenstandes einher. Die zu entwickelnde Kompetenz der Lernenden, für sie bedeutsame, qualitätsvolle Fragen eigenaktiv zu generieren und zu formulieren, eröffnet die Möglichkeit einen gemeinsamen Lerngegenstand vielfältig in den Prozess des Forschenden Lernens einzubinden und diverse gesammelte Daten im Unterricht zu diskutieren. Die Bezeichnung "qualitätsvolle Fragen" meint hier Fragen, die auf den Lerngegenstand fokussierend, inhaltsbezogen sind und eine solide Ausgangsbasis für die Bildung untersuchbarer Hypothesen bilden. Fragen mit diesen Qualitäten sind unumstritten zentral für eine geordnete Auseinandersetzung der Lernenden mit fachlichen Inhalten beim Forschenden

Lernen. Zudem ist die Fähigkeit qualitätsvolle Fragen zu stellen, für Lernende im individuellen Prozess des Verstehens und auf dem Weg zu mehr Wissen und Können unentbehrlich. Jedoch zeigen Unterrichtsbeobachtungen, dass Schüler\*innen in Lehr-Lern-Situationen nur selten Fragen zum Ausgleich von Wissens- und Verstehensdefiziten stellen [1]. Die Entwicklung der Fähigkeiten, qualitätsvolle Fragen zu stellen und aus diesen heraus untersuchbare Hypothesen zu generieren und zu formulieren, bedarf fraglos der unterrichtlichen Förderung.

# 2. Primarschulkinder lernen Forschendes Lernen anders

Forschendes Lernen orientiert sich am wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess. Um hervorzuheben, dass Lernende aktuell im Prozess des Erwerbs experimenteller Teilkompetenzen stehen, werden Lernende im Gegensatz zu Forschenden hier und im Unterricht als Forschungslehrlinge bezeichnet. Der Prozess der Erkenntnisgewinnung setzt entsprechend des idealisierten Forschungszyklus, bei der Formulierung von Fragen an, die interessieren und motivieren, Hypothesen zu generieren und diese mit unterschiedlichen Untersuchungsmethoden zu überprüfen (siehe Abb. 1, Darstellung links) [2].

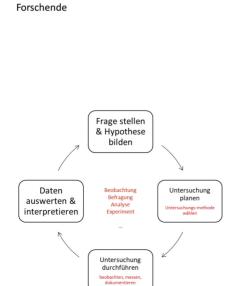
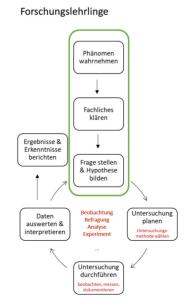


Abbildung 1: Forschungszyklus für Forschende und Lernende [3]



Wie in der wissenschaftlichen Forschungspraxis, können auch im Sachunterricht beim Forschenden Lernen verschiedene Untersuchungsmethoden, wie Beobachten, schriftliches oder mündliches Befragen, Analysieren von Inhalten, Experimentieren uvm. genutzt werden, um Erkenntnisse zu gewinnen, die für Lernende neu und idealerweise klärend sind. Fällt die Wahl auf das Experiment, wird an die aus den Fragestellungen generierten Hypothesen der Anspruch gestellt, durch Experimente überprüfbar zu sein. Zwar ist jeder Teilprozess im Forschungszyklus unentbehrlich für den individuellen Erkenntnisgewinn, doch kommt den experimentellen Teilkompetenzen Fragen zu stellen sowie Hypothesen zu bilden eine besondere Stellung zu. Sie sind Ausgangsbasis für die Umsetzung der weiteren Elemente des Erkenntnisgewinnungsprozesses, der idealerweise begründbare Argumentationen für Wissen schafft. Hier zeigt sich wiederum die Bedeutsamkeit der unterrichtlichen Förderung qualitätsvolle Fragen zu stellen und untersuchbare Hypothesen zu bilden, denn diese Teilkompetenzen sind entscheidende Elemente einer urteilsfähigen Bildung. Diese zielt darauf ab, Lernende zu befähigen, Reflexions- und Bewertungsprozesse als Basis von Entscheidungen nachvollziehbar und argumentativ stichhaltig gestalten zu können [4].

Für eine lernwirksame unterrichtliche Umsetzung des Forschenden Lernens ist es wesentlich, sich zu vergegenwärtigen, dass für Kinder fachlich vorgegebene Strukturen, wie der Forschungszyklus, nicht in gleicher Weise zugänglich sind wie für wissenschaftlich Forschende [5]. Es braucht entsprechende Lerngelegenheiten, um mit dem Ansatz des Forschenden Lernens Verstehensprozesse zu unterstützen. Diese setzen bei Primarschulkindern konsequent bei der Erfahrungswelt an und brauchen vielfältige Sprachanwendungen sowie Gelegenheiten für Kinder sich eigenaktiv und kognitiv mit individuell herausfordernden Aufgabenstellungen auseinanderzusetzen [6]. In diesem Zusammenhang sind Aufgabenstellungen relevant, die in einer Weise strukturiert sind, die Kinder innerhalb eines zielgeleiteten Rahmens zu selbstbestimmtem Handeln, Denken und Sprechen über die Sache animiert und in ihrem Erwartungshorizont individuelle Lernprodukte zulässt. Ziel des hier fokussierten Teilbereichs des Forschenden Lernens (siehe Abb. 1, Darstellung rechts, grüne Umrahmung) ist es, Lernende dabei zu unterstützen, Fragen eigenaktiv zu stellen und eigene Ideen für Hypothesen zu deren Beantwortung zu entwickeln. Schließlich sollen generierte Hypothesen von Lernenden eigenaktiv mit einem Experiment in seiner Funktion als Untersuchungsmethode überprüft werden können.

#### 2.1 Die Bedeutung der Phänomenbegegnung für das Generieren inhaltsbezogener Fragen

Forschenden Lernen mit Experimenten Untersuchungsmethode, stehen Fragen, die in ihrem Erwartungshorizont nach Ursache-Wirkungs-Beziehungen suchen, im Zentrum. Fragen dieser Art entsprechen den Kriterien der Fragekategorie Konsequenzfragen und werden aufgrund der in diesen Fragen impliziten Teilinhalte und schlussfolgernden Denkleistungen als kognitiv komplex eingestuft [7]. Für die Konstruktion derartiger qualitätsvoller Fragen im Stil "Was passiert, wenn ...", sind Erfahrung und Vorwissen als Inhaltsgeber und Triebfeder des Fragenstellens bedeutsam [7]. Dem zufolge brauchen Lernende bei fehlendem Vorwissen und mangelnder Erfahrung Gelegenheiten, sich mit den im Sachunterricht betrachteten Phänomenen vertraut zu machen [8]. Bei Kindern, die bereits lerngegenstandbezogene Erfahrungen und Vorwissen mitbringen, werden durch die Phänomenbegegnung und eigenaktive Auseinandersetzungen Inhalte aktiviert und für kognitive Anknüpfungsprozesse vorbereitend "erwärmt". Ein dabei intuitives oder bewusstes Wahrnehmen des eigenen gegenstandbezogenen Wissens und das der eigenen Wissenslücken lässt idealerweise in jungen Lernenden Fragen entstehen und diese zum Ausdruck bringen [9]. Stellen Lernende Fragen nach Ursache-Wirkungs-Beziehungen, deuten diese auf das Vorhandensein eigener gegenstandbezogener Vorstellungen sowie eigener Ideen zur Beantwortung der Fragen auf Basis des Vorwissens hin [7]. Beispielsweise ist bei der von Lernenden eigenaktiv formulierten Frage "Was passiert mit der Kerzenflamme, wenn ich statt eines großen Glases ein kleines Glas über die Kerze stülpe?" anzunehmen, dass diese mit einer Vorstellung zum Konzept der Flammenbildung sowie mit einer konkreten Vorstellung zur Beantwortung der Frage verbunden ist. Zudem schafft die Erfahrung beim Durchführen eines Experiments und die Auseinandersetzung mit fachlichen Informationen für Kinder "ähnliche" Ausgangsbedingungen wie für Forschende, die üblicherweise auf Basis von gezielt angeeignetem Wissen und eigenen Beobachtungen, in den Prozess der Entwicklung von Forschungsfragen und Hypothesen eintreten.

#### 2.2 Die Einbeziehung von Sachtexten beim Generieren von Hypothesen

Auf die Entwicklung und Formulierung der Fragestellung folgt im idealisierten Forschungszyklus die Generierung und Formulierung der Hypothese, die eine Vorstellung der Lernenden über einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang offenlegt. Eine Hypothese ist eine begründbare Voraussage darüber, welches Phänomen erwartet wird, wenn eine Variable eines Experiments verändert wird [10]. Dabei stützen sich Vermutungen über kausale Zusammenhänge von Phänomenen und Variablen auf Vorwissen, das individuell von Lernenden als verlässlich eingestuft wird [11]. Im realen Forschungsprozess ist die Beschäftigung mit Literatur zur theoretischen des erforschenden Gegenstandes Unterfütterung zu wesentlich für die Generierung von Fragestellungen und Hypothesen. Es ist naheliegend zu überlegen, welche Bedeutung fachliche Information für Lernende im Prozess des Forschenden Lernens mit Experimenten bei der Hypothesengenerierung einzunehmen vermag (siehe Abb. 1, Darstellung rechts). Fachliche Informationen können Lernenden beispielsweise in Sachtexten dargeboten werden.

Diese dienen in erster Linie der Informationsvermittlung und haben im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig Erklärungsfunktion. Durch Inhalte von Sachtexten bzw. durch mündlichen fachlichen Input stoßen Lernende ebenso wie bei der eigenaktiven Durchführung von Experimenten auf ihr gegenstandbezogenes Vorwissen sowie auf für sie neue Inhalte und Zusammenhänge. Durch die frühe Einbeziehung von Sachtexten beim Forschenden Lernen könnten Lernende darauf vorbereitet werden, Sachtexte für ihren eigenen Wissensaufbau zu nutzen. So können sie herangeführt werden, aus Sachtexten gezielt fachliche Informationen zu entnehmen und diese beispielweise für die Bildung von Hypothesen zu verwenden [12]. Für die eigenaktive Generierung experimentell Hypothesen brauchen überprüfbarer Lernende entsprechende Lernumgebung, die ein Modell für angemessene Formulierungen von Hypothesen bereitstellt. Zudem soll die Lernumgebung Lernende unterstützen, relevante inhaltliche Bausteine, wie Haupt- und Nebenphänomene und deren Ursachen, aus Sachtexten zu extrahieren. Im laufenden Forschungs- und Entwicklungsprojekt "Exver – Experimente verändern" [13] ist die Entwicklung eines Lehr-Lern-Arrangements zum Erwerb experimenteller Teilkompetenzen wie experimentell überprüfbare Hypothesen generieren ein zentraler Forschungsbereich. Erste Hinweise aus der Pilotstudie deuten darauf hin, dass Lernende fachliche Informationen aus Sachtexten sowie Informationen darüber, wie experimentell überprüfbare Hypothesen adäquat formuliert werden, für die Hypothesengenerierung nutzen können. Dabei bezieht sich der Inhalt des Sachtextes auf im Vorfeld beobachtete Phänomene und beschreibt die Zusammenhänge zwischen beobachteten oder Nebenphänomenen und verursachenden Variablen. Ein mit den Lernenden erarbeitetes Modell zur Formulierung von Hypothesen bezieht sich auf den Satzbau und den Inhalt der Satzteile. So folgt eine einfach formulierte Hypothese in ihrer Struktur dem Konstruktionsprinzip von Konditionalsätzen. Im Kontext der Hypothesenbildung wird, ausgehend von einem bereits bearbeiteten Ausgangsexperiment, im wenn-Teil des Satzes von den Lernenden eine Veränderung (unabhängige Variable) angegeben. Im dann-Teil der Satzkonstruktion der Hypothese wird ausgehend von den Beobachtungen beim Durchführen des Ausgangsexperiments sowie den Beschreibungen im Sachtext ein erwartetes Phänomen (abhängige Variable) beschrieben. Dabei ist zu beachten, dass eine experimentell überprüfbare Hypothese nur eine Veränderung enthalten darf, um eindeutige Aussagen nach der hypothesenbezogenen Durchführung des Experiments zu erhalten. Aufschluss über Gelingensbedingungen hinsichtlich der Nutzung fachlicher Informationen und von Metawissen für die Hypothesengenerierung wird, von der angelaufenen Hauptstudie, erwartet.

#### 3. Theorie-Praxis-Transfer: Fragen und Hypothesen eigenaktiv generieren und formulieren

abgebildete Teilbereich Lehr-Lerndes Arrangements "Experimente verändern" beschreibt eine Didaktisierungsvariante Forschenden Lernens (siehe Abb. 2). Im Folgenden wird die praktische Umsetzung Forschenden Lernens (siehe Abb. 2, grüner Rahmen) anhand des exemplarischen Beispiels "Licht und Schatten" beschrieben. Der Fokus wird dabei auf die Phasen 1 bis 5 gelegt und bezieht sich vornehmlich auf das Generieren und Formulieren von Fragen und Hypothesen.

#### 3.1 Beschreibung relevanter Phasen für die unterrichtliche Umsetzung

Im Vorfeld der Phase 1 (siehe Abb. 2) erarbeitet die Lehrperson mit den Lernenden die erforderlichen Elemente für die Konstruktion von Fragestellungen ("Was passiert, wenn [was ich verändere] ...") und Hypothesen ("Wenn [was

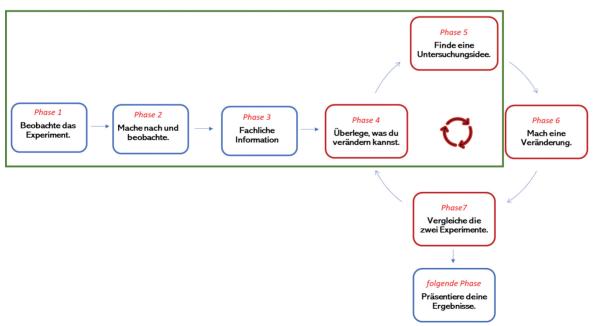
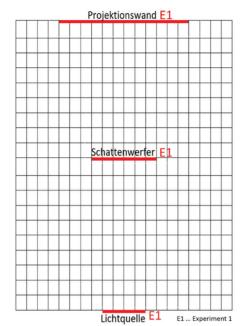


Abbildung 2: Teilbereich des Lehr-Lernarrangements Experimente verändern, eigene Darstellung

#### So mache ich das erste Experiment zu Licht und Schatten





Ich stelle die Projektionswand auf die in der Unterlage eingezeichnete Position.

Ich wähle einen Schattenwerfer und stelle diesen auf die in der Unterlage eingezeichnete Position.

Schattenwerfer:

Ich nehme die Taschenlampe und lege diese auf die in der Unterlage eingezeichnete Position. Die Lichtstrahlen strahlen von der roten Linie weg.

Ich schalte die Taschenlampe ein.



Abbildung 3: Ausgangsexperiment

ich verändere], dann [was ich erwarte zu beobachten"]). Die strukturierenden Elemente einer Frage und einer Hypothese werden den Lernenden anhand einer Geschichte ("Wie arbeiten Forscherinnen und Forscher mit Experimenten?") nähergebracht. Im entsprechenden Teil der Geschichte erfahren die Lernenden wie Forscherin Hermine und Forscher Alfred Fragen und Hypothesen für Forschungsexperimente generieren und formulieren. Statt des Begriffes Hypothese wird für Lernende bei allen Materialien (Geschichte, Forschungsblätter) der Begriff Untersuchungsidee verwendet. Es wird angenommen, dass das Wort Untersuchungsidee den Lernenden zugänglicher ist. Zudem werden vorbereitend auf die Phase 1 die Durchführung besprochen, die Materialien benannt und zentrale Begriffe durch Zuordnung von Bedeutungsinhalten und Bildern geklärt (siehe Abb. 3). Ziel ist es, ein gemeinsames und eindeutiges Vokabular für das Sprechen und Schreiben über Phänomene zu Licht und Schatten zu vereinbaren. Hier wesentliche Begriffe sind der Schattenwerfer, die Lichtquelle und die Projektionswand.

Am Beginn der Phase 1 wird die Forschungsfrage von der Lehrperson gestellt. Bei dem Experiment Licht und Schatten kann das beispielsweise die Frage sein, "Was passiert, wenn ich die Taschenlampe im dunklen Raum einschalte?" Die Lernenden formulieren nach dem im Vorfeld erarbeiteten Modell ihre Untersuchungsideen, beispielsweise "Wenn ich die Taschenlampe einschalte, dann entsteht ein dunkler Schatten." Die Phase 1 wird fortgeführt, indem Lernende zusehen, wie die Lehrperson das erste Experiment (= Ausgangsexperiment, E1) durchführt. Sie erhalten die Aufgabenstellung, auftretende Phänomene mit den Sinnen Sehen, Hören (je nach Experimentwahl auch Riechen, Spüren/Tasten) zu beobachten und so ihre Untersuchungsidee zu überprüfen. In der Phase 2 führen Lernende das Experiment im Zweierteam selbst durch und beobachten wiederum die Phänomene. Das Experiment wird so oft wiederholt, bis alle von Forscherin Hermine und Forscher Alfred vorgeschlagenen Beobachtungen (siehe Abb. 4) überprüft wurden und mögliche weitere Ergänzungen von den Lernenden ausgeschlossen werden.

#### Meine Beobachtungen Meine Aufgaben Um den Schatten ist ein heller Schein. Hermine Forscherin Der Schatten ist größer als der Schattenwerfer. Forscher Alfred forschen mit Experimenten. Der Schatten ist kleiner als der Schattenwerfer. Der Schatten ist ein Abbild des Schattenwerfers. Überprüfe die Beobachtungen Der Schatten hat eine scharfe Umrandung Hermine und Alfred. Der Schatten hat eine unscharfe Umrandung. Mach das Experiment so oft, bis du alle Der Schatten ist farbig. Beobachtungen überprüft hast. Der Schatten ist schwarz. Kreuze deine Beobachtungen an und ergänze was du noch entdeckst! Der Schatten ist dunkel.

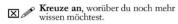
Abbildung 4: Experimentelles Überprüfen von Beobachtungen

#### Meine Aufgaben

Lies die Informationen zum Experiment.

#### Erkläre im Team:

- ☐ Warum entsteht auf der Projektionswand ein Schatten?
- ☐ Warum hat der Schatten eine bestimmte Form?
- Was passiert, wenn die Lichtquelle ausgeschaltet wird. Begründe deine Aussage.
- ☐ Braucht ein Schattenwerfer immer Licht, um einen Schatten zu werfen?
- ☐ Ist dort, wo Licht ist, auch ein Schatten?
- ☐ Wann hat ein Schatten eine scharfe Umrandung?



→ Kreisgespräch

#### & Licht und Schatten

Damit du auf einer Projektionswand einen Schatten erzeugen kannst, brauchst du einen Gegenstand und Lichtstrahlen. Die Lichtstrahlen werden von einer Lichtquelle ausgesendet und breiten sich geradlinig



aus, ähnlich wie die Strahlen der Sonne. Auf ihrem Weg können Lichtstrahlen auch auf einen Gegenstand stoßen. Ist der Gegenstand undurchsichtig, kommen die Lichtstrahlen durch diesen nicht hindurch. Sie machen auch keine Kurve um den Gegenstand. Also hält der Gegenstand die Lichtstrahlen auf. So kann der Raum hinter dem Gegenstand (von der Lichtquelle aus gesehen) nicht beleuchtet werden. Dieser dunkle, nicht beleuchtete Raum ist der Schatten des Gegenstandes. So etwas wie eine Lücke zwischen den Lichtstrahlen. Den Schatten siehst du auf der Projektionswand als dunkles Abbild des angestrahlten Gegenstandes. Hat der Schatten eine scharfe Umrandung, sendet die Lichtquelle, die Lichtstrahlen von einem Punkt aus.

Um den Schatten herum ist es hell. Zwischen dem hellen Bereich der Projektionswand und den Lichtstrahlen befindet sich kein Gegenstand, der die Lichtstrahlen aufhält. Der helle Bereich wird von den Lichtstrahlen ungehindert beleuchtet.

Abbildung 5: Sachtext mit Fragen zum Thema Licht und Schatten

Nun bespricht die Lehrperson mit den Lernenden beobachtete Phänomene wie das Hauptphänomen der Schattenbildung bzw. die Nebenphänomene der Schärfe der Schattenumrandung oder der Größe der Schatten im Vergleich zu den Schattenwerfern. Es wird mündlich geklärt, wie beobachtete Phänomene verursacht werden. In der Phase 3 lesen Lernende in einem Sachtext (siehe Abb. 5) nochmals die Zusammenhänge zwischen beobachteten Phänomenen und deren Verursachern. Zu dem Sachtext [vgl. 14] werden Fragen gestellt, die auf das Erklären dieser Kausalitäten mit eigenen Worten abzielen.

In der Phase 4 überlegen die Lernenden, wie sie das Ausgangsexperiment verändern könnten. Dazu werden Möglichkeiten Unterstützung (Kärtchen mit Veränderungsideen) angeboten, die Lernende bei Bedarf in Anspruch nehmen können. Beispielweise beziehen sich Veränderungsideen auf den Schattenwerfer (z. B. durchsichtig, Schablone), die Abstände zwischen der Lichtquelle, dem Schattenwerfer und der Projektionswand, auf die Lichtquelle (Kerze statt Taschenlampe) oder auf die Position der Lichtquelle. Wie die Erfahrung zeigt, brauchen Kinder hier selten Hilfestellung für eine Ideenentwicklung für die Veränderung des Experiments. Aus der Veränderungsidee, "Ich verändere die Anzahl der Lichtquellen", entsteht beispielsweise die Fragestellung, "Was passiert, wenn ich zwei statt einer Taschenlampe nehme?" Danach kreuzen die Kinder am Forschungsblatt an (siehe Zusatzmaterial), ob sie vermuten, dass sich das Phänomen durch die Veränderung des Experiments anders zeigen wird (A für ANDERS) oder nicht (G für GLEICH). Nehmen die Kinder an, dass sich das Phänomen verändern wird, überlegen sie, wie die erwartete Veränderung des Phänomens sein wird. Nehmen sie keine Veränderung im Phänomen an, übernehmen sie das Phänomen des Ausgangsexperiments für die nun folgende Aufgabenstellung. Lernende formulieren in der Phase 5 die Untersuchungsidee (Hypothese), beispielweise "Wenn ich zwei Taschenlampen nehme, dann wird der Schatten heller". Nun stellen die Lernenden alle Materialien (Materialientisch)

für die Durchführung des veränderten Ausgangsexperiments und des ursprünglichen Ausgangsexperiments bereit. Für die Sammlung aussagefähiger Daten zur Beantwortung der Forschungsfrage ist es wesentlich, dass Lernende, wie in der Untersuchungsidee formuliert, nur eine Veränderung beim Ausgangsexperiment durchführen. Beim Experiment "Licht und Schatten" verwenden Lernende die karierte Unterlage (siehe Abb. 3) und nutzen die darauf angegebenen Informationen (rote Striche, Bezeichnungen), um alle anderen Bedingungen des Ausgangsexperiments stabil zu halten. Auf der Unterlage vermerken sie zudem ihre jeweils selbst durchgeführten Veränderungen, indem sie beispielweise die Position der zweiten Taschenlampe dort mit einem wasserfesten Folienstift als Linie einzeichnen und diese mit E2 für Experiment 2 beschriften. Lernende führen das veränderte Ausgangsexperiment und das ursprüngliche Ausgangsexperiment durch (Phase 6) und beobachten die Phänomene. Sie kreuzen im Forschungsblatt wiederum an, ob sie beobachtet haben, dass sich die Phänomene der beiden Experimente unterscheiden (A für ANDERS) oder nicht (G für GLEICH). Lernende besprechen den Vergleich der Phänomene im Team und notieren nur beobachtete Unterschiede der Phänomene am Forschungsblatt (Phase 7). Abschließend vergleichen die Lernenden die Untersuchungsidee mit den beobachteten Daten und kreuzen am Forschungsblatt an, ob die erhobenen Daten mit der Untersuchungsidee übereinstimmen oder nicht. Der Kreislauf wird mit der Überlegung einer neuen Veränderung, die sich nun auf das ursprüngliche Ausgangsexperiment (E1) oder ein bereits verändertes Experiment (z. B. E2) beziehen kann, von den Lernenden wiederholt durchlaufen. Auf die Veränderungsidee aufbauend formulieren die Lernenden die Fragestellung (Phase 4) und generieren auf diese bezogen die Untersuchungsidee (Phase 5) im Wenn, dann-Stil. Im Anschluss (folgende Phase) präsentieren die Zweierteams jeweils ein von ihnen ausgewähltes Experiment und darauf bezogene Notationen im Forschungsheft den anderen Lernenden. Sie stellen die Fragestellung, die Untersuchungsidee, die Durchführung und die beobachteten Unterschiede der verglichenen Experimente vor. Diese Inhalte werden hinsichtlich ihres Potenzials für die experimentelle Erkenntnisgewinnung, durch die Lehrperson angeleitet, gemeinsam reflektiert.

4. Fazit

Ein erfolgreiches Sammeln begründbarer Informationen durch Experimentieren erfordert im Vorfeld der Planung und Durchführung der Experimente hypothetische Antworten auf gestellte Fragen als Ausgangspunkt für Erkenntnisgewinnung und Verstehensprozesse. Die Entwicklung der Teilkompetenzen inhaltsbezogene Fragen zu stellen und Hypothesen zu generieren

kann bereits beim Forschenden Lernen im Sachunterricht der Volksschule angeregt werden. Lerngelegenheiten mit Schwerpunktsetzungen hypothesenbezogenes systematisches Experimentieren bieten hier Möglichkeiten der strukturierten, zielgeleiteten unterrichtlichen Umsetzung mit individuellen Gestaltungsoptionen für Lernende.

Eva Freytag ist Professorin an der Pädagogischen Hochschule Steiermark im Fachbereich Sachunterricht, Naturwissenschaftliche und Technische Bildung.

#### Literatur

- Niegemann H. Lernen und Fragen. Bilanz und Perspektiven der Forschung. Unterrichtswissenschaft Zeitschrift für Lernforschung 2004; 32(4): 345-56
- Gut-Glanzmann C, Mayer J. Experimentelle Kompetenz. In: Krüger D, Parchmann I, Schecker H, (Hrsg.). Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018. S. 121-140.
- Freytag E. Forschendes Lernen Primarschulkinder generieren eigenaktiv experimentell überprüfbare Hypothesen. Imst Newsletter: Forschendes Lernen 2020; 50:6-9. Verfügbar unter: https://www.imst.ac.at/app/ webroot/files/ueber\_imst/oeffentlichkeitsarbeit/imst\_newsletter\_50\_ final.pdf [15.01.2021]
- Greiner U, Kaiser I, Kühberger C. Reflexive Grundbildung bis zum Ende der Schulpflicht: Konzepte und Prozeduren im Fach; Münster: Waxmann;
- Prediger S, Komorek M, Fischer A, Hinz R, Hußmann S, Moschner B. Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. In: Komorek M, Prediger S, (Hrsg.). Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung genuin fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Münster: Waxmann; 2013. S. 9–24.
- Aufschnaiter C von, Aufschnaiter S von. Über den Zusammenhang von Handeln, Wahrnehmen und Denken. In: Voß R, Hrsg. Unterricht aus konstruktivistischer Sicht: Die Welten in den Köpfen der Kinder. Weinheim Basel: Beltz: 2005. S. 234-48.

- Niegemann H, Stadler S. Hat noch jemand eine Frage? Systematische Unterrichtsbeobachtung zu Häufigkeit und kognitivem Niveau von Fragen im Unterricht. Unterrichtswissenschaft Zeitschrift für Lernforschung 2001; 29(2): 171-192.
- Hammann M. Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In: Krüger [8] D, Vogt H, (Hrsg.) Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer; 2007. S. 187–96.
- Brinkmann V. Fragen stellen an die Welt: Eine Untersuchung zur Kompetenzentwicklung in einem an den Schülerfragen orientierten Sachunterricht; Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren; 2019.
- Arnold J, Kremer K, Mayer J. Scaffolding beim Forschenden Lernen. ZfDN 2017; 23(1): 21-37.
- Mannel S, Walpuski M, Sumfleth E. Erkenntnisgewinnung: Schülerkompetenzen zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. ZfDN 2015; 21(1): 99-110.
- Leisen J. Sachtexte im Grundschulunterricht lesen aber wie? Grundschulunterricht. Deutsch 2010; 57(2):4-7.
- Freytag E, Haagen-Schützenhöfer C. Experimente verändern ein Lehr-Lern-Arrangement zur Förderung experimenteller Kompetenzen beim Forschenden Lernen. TFS 2020; 6 (6): 242-245
- http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-undtechnik/licht-und-schatten/sachinformationen-fuer-die-lehrkraft



#### Neues aus dem Verein

#### Bericht zur Fortbildungswoche 2021

Auch wenn es keine "reguläre" Fortbildungswoche ist und der Obmann offiziell von der Nummer 74a spricht, so nutzen dennoch in diesem Jahr viele Lehrkräfte aus ganz Österreich das neue Format, um sich Ende Februar weiterzubilden.

Wie gewohnt eröffnete der Obmann die Fortbildungswoche am Montag im neuen Online-Rahmen. Der diesjährige Werner Rentzsch Preis geht nach Salzburg an Kollegen Markus Herbst und seinem Bild "Unterwasserfeuer", welches als Titelbild dieser Ausgabe zu sehen ist. Das Onlineformat machte in diesem Jahr Workshops leider unmöglich. Umso beeindruckender waren die Vorträge von anerkannten Expert\*innen von der Verdauung bis zur COVID-Situation. Besonders spannend waren die "Exkursionen" in diesem Jahr, welche die Teilnehmenden nach Chile und Genf führten. Das hat man auch nicht in jedem Jahr!

Ein wichtiger Fixpunkt jeder Fortbildungswoche ist das Beisammen-sein bei Brötchen und Wein. Um trotz des virtuellen Formats Raum für das Knüpfen und Pflegen von Kontakten zu schaffen, bereitete das Team unter der Führung von Louise Morris und Florian Budimaier eine besondere Aktivität vor: Im Rahmen eines virtuellen "Escape Rooms" mussten die Teilnehmenden in Kleingruppen online aus dem Fakultätsgebäude zu entkommen. Danke den Beiden für die tolle Umsetzung. Alle Teilnehmenden waren beeindruckt von der Kreativität und der Umsetzung. Vielleicht gibt es ja eine Neuauflage im nächsten Jahr in der realen Welt.

#### Änderung im Vorstand

Im Rahmen der Fortbildungswoche wurde am Dienstag 23.2.2021 eine außerordentliche Generalversammlung durchgeführt. Der Obmann berichtete von der neuen Handhabung des Mahnwesens und über die große Akzeptanz der veränderten Mitgliedsbeiträge. Wichtiger Punkt der Generalversammlung war die Wahl einer neuen stellvertretenden Schriftführerin. Dabei wurde Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> Ingrid Krumphals mehrheitlich gewählt und folgt Thomas Plotz nach, der seit mehr als fünf Jahren im Vorstand tätig war.

Wir danken für die Bereitschaft und wünschen dem neuen Vorstandsmitglied viel Freude bei der Vorstandsarbeit. Herzlichen Dank auch an Thomas Plotz für seine langjährige Vorstandstätigkeit. Österreichische Post AG SP 17Z041123 S Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien DVR 0558567 VRN 668472729 sikalischen und chemischen

**Impressum:** Medieninhaber (Verleger) und Hrsg.: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts. Druck: Fa. Wograndl GmbH, Mattersburg