

WIRKUNG DES FORSCHENDEN LERNENS AUF NATURWISSEN- SCHAFTLICHE KOMPETENZEN

Irene Daichendt

Neue Musikmittelschule Promenade Steyr

Steyr, Juni 2014

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	4
2 NATURWISSENSCHAFTLICHE KOMPETENZEN	5
2.1 Naturwissenschaftlicher Unterricht.....	5
2.2 Kompetenzmodell	5
3 FORSCHENDES LERNEN	7
3.1 Geschichtliches und Vertreter	7
3.2 Schwierigkeiten.....	10
4 FRAGESTELLUNG, METHODE, DURCHFÜHRUNGFEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.	
4.1 Hypothese.....	11
4.2 Methode.....	11
4.3 Durchführung	12
4.3.1 Ausgangssituation.....	12
4.3.2 Erste Untersuchung	13
4.3.3 Übungsphase.....	13
4.3.4 Zweite Untersuchung	14
4.3.5 Weiterführung	14
5 ERGEBNISSE, RESÜMEE	16
5.1 Auswertung	16
5.1.1 Auswertung der Schlüsselwörter.....	16
5.1.2 Auswertung der Fragen.....	18
5.1.3 Auswertung desVersuches „Verkalkte Haushaltsgeräte“	19
5.1.3 Auswertung desVersuches „Welche Stoffe eignen sich als Indikator“	20
5.2 Resümee.....	21
6 LITERATUR	21
Anhang 1:Auszug Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe 2	
Anhang 2 + 3: Kristallwasser 1+ Kristallwasser 2	
Anhang 4:Text zum Versuch Kerzenlift	
Anhang 5: Was ist ein Indikator?	
Anhang 6 + 7: Verkalkte Haushaltsgeräte	
Anhang 8: Beispiel für eine Versuchsanleitung	

ABSTRACT

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel herauszufinden, ob Experimente, die im Sinne des forschenden Lernens als Unterrichtsmethode angelegt sind, zu einer Entwicklung von ausgewählten Handlungskompetenzen führen.

Die Schülerinnen und Schüler verfassten zu den durchgeführten Experimenten kurze Texte, die nach festgelegten Kriterien analysiert und ausgewertet wurden.

Weiters sollen die Schülerinnen und Schüler Fragen zum Versuch formulieren. Am Ende der Übungsphase wird dasselbe Experiment nochmals durchgeführt und die Schlüsselwörter in den Texten verglichen.

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass ausgewählte Handlungskompetenzen durch Experimente im Sinne des forschenden Lernens entwickelt werden können.

1 EINLEITUNG

Naturwissenschaften im Allgemeinen und Chemie im Besonderen sind prägend für Gesellschaft, Wirtschaft, Technik und Umwelt – für unsere Zukunft. Die Umwelt leidet unter unserem Handeln. Unser Denken und Tun hat Auswirkungen auf die Erde und unsere Nachkommen. Daher sollte unsere Jugend unter anderem folgende Fragen beantworten können: Welches Waschmittel sollte man aus welchem Grund benutzen oder warum ist Wasser ein so gutes Lösungsmittel? Kann wissenschaftliche Bildung dabei helfen?

Ein Ziel sollte es sein, Jugendliche zu befähigen, verantwortlich mit den Ressourcen umzugehen, neue Wege zu finden, Entscheidungen bewusst und kompetent zu treffen und nicht von Werbung oder Meinungsmachern abhängig und beeinflussbar zu sein. Das sind hohe Anforderungen an die Schule, speziell an den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Der Zugang zu diesem Thema geht nicht nur über Entwicklung der Kompetenzen, über kompetenzorientiertes Unterrichten, über nachhaltigen, sinnvollen Einsatz von Experimenten, über Vorgaben des Lehrplans, (z. B. Stärken von Selbständigkeit und Eigenverantwortung, Herstellen von Bezügen zur Lebenswelt), sondern auch über eine Weiterentwicklung des Unterrichts. Im naturwissenschaftlichen Unterricht hat das Experiment einen großen Stellenwert. Eine Studie besagt, dass Schülerexperimente nicht immer zu besseren Leistungen führen bzw. gar nicht so beliebt sind wie angenommen – vor allem bei Mädchen nicht. Es fehlen die Aspekte des naturwissenschaftlichen Arbeitens: selber planen und durchführen (Duit, 2007, S. 6). Einen Ausweg aus der Misere bietet die Methode des forschenden Lernens. Ist forschendes Lernen als Methode zur Entwicklung von ausgewählten Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler geeignet?

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in vier Abschnitte. Nach einer Klärung der naturwissenschaftlichen Bildung und des Kompetenzmodells erfolgt eine kurze Darstellung des forschenden Lernens. Die Fragestellung beschäftigt sich damit, ob ausgewählte naturwissenschaftliche Kompetenzen durch forschendes Lernen entwickelt werden können. Weiters wird in diesem Kapitel eine Untersuchungsmethode und ihre Durchführung beschrieben. Der vierte Abschnitt gibt eine Aufstellung der Ergebnisse.

2 NATURWISSENSCHAFTLICHE KOMPETENZEN

2.1 Naturwissenschaftlicher Unterricht

Naturwissenschaftliche Bildung sollte nachhaltig sein. Schülerinnen und Schüler, die zu aufgeklärten, emanzipierten und politisch bewusst handelnden Erwachsenen heranwachsen sollen, brauchen eine Wertschätzung für die Naturwissenschaften, um als verantwortlich handelnde Bürger wissenschaftliche Kontroversen bewerten zu können. Nicht nur das Fachwissen (z. B. über den Klimawandel und Treibhauseffekt), sondern auch die Fähigkeit, Aussagen von Experten und Quellen naturwissenschaftlich auf ihre Glaubwürdigkeit einzuschätzen, sind dafür notwendig. Dazu braucht man ein Meta-Wissen über die Wissenschaft selbst: „die Art und Weise, wie sie Wissen produziert, erstreitet, aushandelt, verwirft, rechtfertigt, kritisiert und medial vermittelt“ (Höttecke, 2010b, S. 3). Es geht um Fragen wie „Welche Denk- und Arbeitsweisen sind kennzeichnend für die Naturwissenschaften? Welche Wege der Erkenntnisgewinnung werden besprochen? In welchen Zusammenhängen stehen Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft? Welchen Einfluss hat eine Kultur auf die naturwissenschaftliche Erforschung?“ (Hofheinz, 2010, S. 9).

2.2 Kompetenzmodell

Neben naturwissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien sowie deren Anwendung brauchen die Lernenden auch Einsicht in den Erkenntnisgewinn. Das erfordert ein Umdenken des Lehr-Lernprozesses. Diesen Anforderungen wird das Kompetenzmodell (siehe Anhang) gerecht, das in Österreich 2011 vom Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens (BIFIE) in Endversion für Naturwissenschaften veröffentlicht wurde. Das Kompetenzmodell verunsicherte anfangs viele Lehrerinnen und Lehrer bezüglich des neuen Begriffes und was ihre bisherige Arbeit Wert ist. Es wirft Fragen auf, wo die Inhalte bleiben.

Eine vereinfachte Definition des Kompetenzbegriffes liefert Leisen (2011, S. 5): „Kompetenzen sind verfügbare Fertigkeiten und Fähigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen und die Problemlösung in variablen Situationen erfolgreich nutzen zu können und zu wollen.“ Er verkürzt weiter auf die gut merkbare, handhabbare Kurzformel: „Kompetenz = Wissen + Wollen + Handeln“. Leisen (2011, S. 4) überbringt uns „die gute Nachricht: Man kann nicht nicht kompetenzorientiert unterrichten“. Weiters sagt er, dass es keinen inhaltsfreien Kompetenzerwerb gibt, da an den Inhalten durch das Handeln die Kompetenzen erworben werden (Leisen, 2011, S. 5).

Das Kompetenzmodell ist in drei Bereiche aufgegliedert: Handlungsdimension (H), Anforderungsdimension (N) und Inhaltsdimension (I).

In der Inhaltsdimension ist das zu vermittelnde Fachwissen, das im Lehrplan verankert ist, festgelegt. Die Anforderungsdimensionen unterscheiden drei Stufen von stark angeleiteten Arbeiten bis zu selbständigem Herstellen von Verbindungen von komplexen Sachverhalten.

Die Handlungsdimension, die Wissen organisieren (W), Erkenntnisse gewinnen (E) und Schlüsse ziehen (S) umfasst, bietet Einblicke in die Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und helfen den Lernenden auf dem Weg zum mündigen Bürger.

Um die ersten beiden Kompetenzen des Bereiches "Erkenntnisse gewinnen" geht es in dieser Arbeit im Speziellen:

Ich kann einzeln oder im Team...

- *zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben (E1)*
- *zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Technik und Umwelt Fragen stellen und Vermutungen aufstellen (E2)*

Kompetenzen werden an Inhalten im handelnden Umgang erworben. Das Wissen über naturwissenschaftliche Begriffe, Prinzipien und deren Anwendung ist immer als Basis in das Handeln eingebunden. Das Handeln kann graduiert werden: erprobend, unsicher, begrenzt, unbewusst, planvoll, sicher, vielfältig, bewusst.

Es stellt sich daher die Frage: Gibt es ein Lehr-Lern-Modell, welches die Kompetenzorientierung besonders fördert?

Lernen ist ein aktiver Prozess, die Lernenden müssen aktiv sein und selbständig etwas tun. Lehrprozesse stehen nicht im Vordergrund, sondern die Lernprozesse. Der Lehrende übernimmt nur Verantwortung für die Steuerung einer professionellen Gestaltung der Lernumgebung. Die Lehrerinnen und Lehrer bieten Aufgabenstellungen, die Schülerinnen und Schüler wissen, wollen und handeln.

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht bieten sich viele Methoden an, z. B. forschendes Lernen. Ist forschendes Lernen eine Möglichkeit den Kompetenzbereich "Erkenntnisse zu gewinnen" zu entwickeln und fördern? Dazu vorab eine Klärung des Begriffes forschendes Lernen.

3 FORSCHENDES LERNEN

Was ist gemeint mit dem Begriff forschendes Lernen, wie grenzt er sich ab? Ist die Methode des forschenden Lernens für alle Schülerinnen und Schüler geeignet? Ist sie in der Schule geeignet oder nur an außerschulischen Lernorten?

Der Begriff könnte vermitteln, dass die Lernenden sich wie Forscher fühlen, die etwas Neues entdecken. Aber der Entdeckungsprozess ist nicht neu, da das zu lernende und erforschende Wissen schon im Weltwissen integriert ist. Aber in der Lernsituation entdecken die Schülerinnen und Schüler für sich etwas Neues – es ist ein Nach-Entdecken.

„Der Begriff des forschenden Lernens verweist also darauf, Lehr-Lernprozesse forschungsähnlich zu gestalten. Die Betonung liegt auf dem Prozess des Forschens als Lernhandeln, das im Hinblick auf das Ergebnis offen gestaltet wird, und auf seiner Qualität“ (Höttecke, 2010a, S. 5). Wichtig ist das Produkt des Lernens, das anfangs für die Lernenden noch verborgen ist. Dieses Produkt ist mit einem hohen Grad an Handlungsorientierung, Eigenverantwortung und Selbstbestimmung anzueignen (Höttecke, 2010a, S. 5).

3.1 Geschichtliches und Vertreter

Der Begriff „Forschen“ geht auf das althochdeutsche „forsca“ zurück, was so viel wie Frage bedeutet (Höttecke, 2010, S. 4). Lernende stellen Fragen, stellen Hypothesen auf und führen Experimente durch, um so von Fragen zu Antworten zu kommen. Forschen als Fragenstellen, die Wissensdurstige beantwortet haben wollen und so zum Handeln verführt werden, ist eine schöne Vorstellung des Wortes. Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und das forschende Lernen haben viele Parallelen. „Experimentieren zeigt, wie Wissen im Chemieunterricht entsteht“ (Pfeifer, 2010, S. 16). Die geschichtliche Betrachtung der Entwicklung des forschenden Lernens zeigt Veränderungen in der Gesellschaft.

Der amerikanische Philosoph und Pädagoge John Dewey sagte Anfang des 20. Jahrhunderts, dass naturwissenschaftliche Bildung nicht nur aus dem Lernen von Fakten und Gesetzmäßigkeiten besteht, sondern auch aus Methoden des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens. Im deutschsprachigen Raum forderte der Reformpädagoge Georg Kerschensteiner Handlungsorientiertheit ein: Beobachten, Denken und Urteilen (Bell, 2010, S. 3).

Der amerikanische Psychologe Jerome Bruner führte 1961 den Begriff „discoverylearning“ für das „entdeckende“ Element in der Handlungsorientiertheit ein. In den USA hat sich „inquirylearning“ (1960 von Joseph Schwab geprägt) durchgesetzt mit den beiden Schwerpunkten: eigenständiges Forschen der Schülerinnen und Schüler und Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen.

Parchmann (2009, S. 77) zitiert andere Autoren: „Verschiedene Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass ein gänzlich offenes ‚Inquiry Learning‘ in der Regel ebenso wenig zu den gewünschten Unterrichtszielen führt wie das reine Abarbeiten vorgegebener Arbeitsaufträge, etwa bei den sogenannten ‚Kochbuchrezepten‘“. Die Kombination von Instruktionen durch Lehrenden und Materialien, von Konstruktion durch die Lernenden und eine anschließende Reflexion führt zu in Struktur und Fokussie-

rung unterschiedlichen Unterrichtskonzepten (Parchmann, 2009, S. 77). Ein paar Beispiele aus dem deutschen Sprachraum:

- das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren von Schmidkunz und Lindemann für Chemie
- das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren von Fries, Rosenberger und Plöger für Physik
- das Forschende Lernen von Thorsten Bell
- das Forschend-entdeckende Lernen von Duit und Stäudel (Vgl. Bell, 2010, S. 3).

„Die gemeinsame Grundidee der genannten forschenden Unterrichtsverfahren ist es, die Schritte und Prinzipien eines authentischen naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses für oder durch Schülerinnen und Schüler nachvollziehbar zu machen“ (Parchmann, 2009, S. 78).

„In diesem Sinne kann forschendes Lernen in der Schule bedeuten, durch geeignete Instruktionen und Unterstützungsstrukturen den Lernenden Möglichkeiten zu geben, elementare Schritte naturwissenschaftlicher Forschung selbst inhaltlich zu konstruieren und den Erfolg durch gemeinsame Reflexionen des Prozesses strukturiert zu überprüfen“ (Parchmann, 2009, S. 78).

Parchmann bietet dazu folgende Abbildung an und betitelt sie: „Elemente eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsgangs bzw. eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses“ (Parchmann, 2009, S. 81).

Zur Themenfindung kommt man durch Information oder wenn man etwas beobachtet. Dann kann man Fragen stellen.

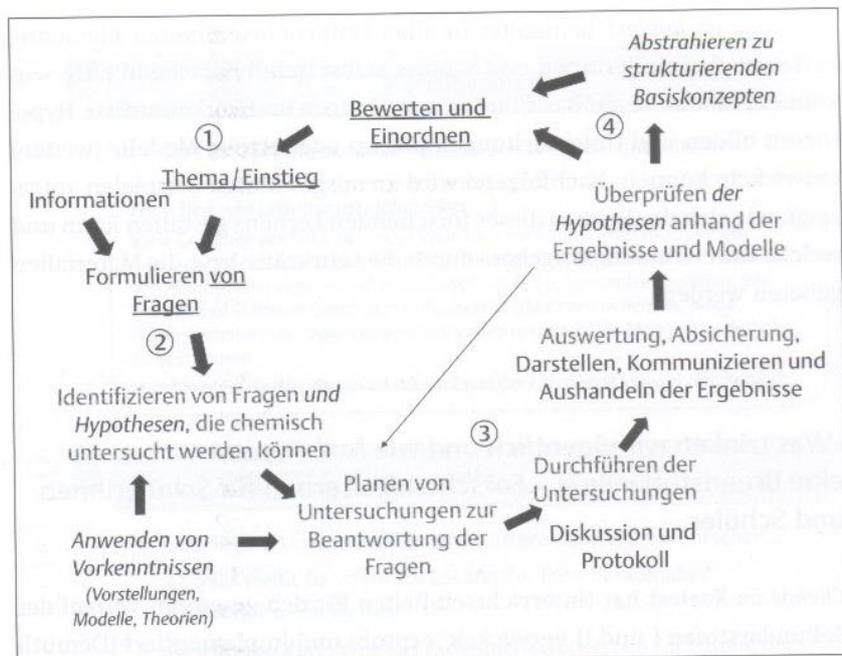


Abbildung 1: Elemente nach Parchmann (aus Messner, 2009, S. 81)

Weiters ist allen Konzepten gemeinsam, dass sie in einem Zyklus ablaufen, in dem Überspringen oder Zurückspringen zu früheren Schritten möglich ist.

Eine weitere Gemeinsamkeit liegt darin, dass die Offenheit, Komplexität und variable Reihenfolge zu Anfangsschwierigkeiten führen, die bei den Lehrenden und den Lernenden liegen können, und nun näher beleuchtet werden sollen.

„Zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zählen auch Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaften“ (Mikelskis-Seifert, 2012, S. 23). Folgende Abbildung zeigt einen Zyklus des naturwissenschaftlichen Forschens.

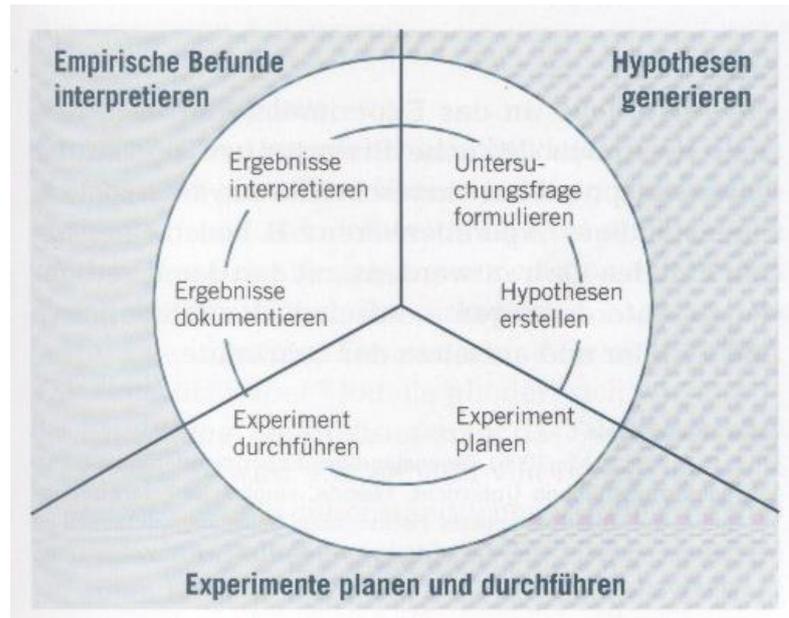


Abbildung 2: Zyklus naturwissenschaftliches Forschen (aus Duit, 2012, S. 23)

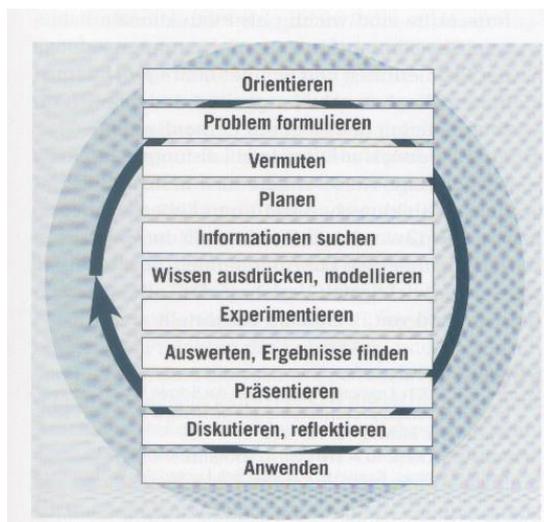


Abbildung 3: Schüleraktivitäten (aus Duit, 2012, S. 27)

Eine weitere Abbildung zeigt Schüleraktivitäten beim forschenden Lernen (Bell, 2012, S. 27).

Die Parallelität der beiden Kreisläufe lässt eine weitere Definition für forschendes Lernen verstehbar werden: „die Entwicklung einer Lehr-Lern-Kultur, die Schülerinnen und Schülern Gelegenheit gibt, einerseits eigenständig zu lernen und andererseits mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen vertraut zu werden.“ (Bell, 2012, S. 27)

„Es ist zu bedenken, dass Untersuchungen, die einen ganzen ‚Durchgang‘ umfassen, oft den zeitlichen Rahmen sprengen und die Schülerinnen und Schüler überfordern. Deshalb bietet es sich an, Teilschritte des Kreislaufes auszuwählen und gezielt Teilkompetenzen im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu fördern“ (Mikelskis-Seifert, 2010, S. 1).

Im nächsten Schritt werden die Schwierigkeiten, die beim forschenden Lernen auftreten können, beschrieben und Lösungsmöglichkeiten gegeben.

3.2 Schwierigkeiten

Das Anforderungsprofil an Lehrende und Lernende ist verändert. Techniken und Methoden des lehrergelenkten und instruktionsgesteuerten Unterrichts müssen durch geeignete Problemstellung und Phänomene ersetzt werden. Lehrende brauchen einen kooperativen Führungsstil, Strukturierungstechniken und Moderationsfähigkeiten (Höttecke, 2010, S. 5). Schlechte Voraussetzung für diese Art des Unterrichts ist es, wenn Lehrerinnen und Lehrer ihre Schülerinnen und Schüler für unmotiviert und leistungsschwach halten oder das Gefühl haben, dass nur dann ordentlich gelernt wird, wenn sie selber alles erklären und vormachen. Auch für die Schülerinnen und Schüler besteht die Gefahr der Überforderung: Beobachten, Fragen stellen, kommunikative und experimentelle Kompetenz, gezielte Informationsrecherche, Verfolgen von Forschungsfragen und Etappenzielen müssen gelernt werden. Schülerinnen und Schüler haben Freude am Forschen, zweifeln aber, ob sie genug lernen. Daher müssen Schülerinnen und Schüler lernen, Zutrauen in den eigenen Kompetenzerwerb und fachbezogene Fähigkeiten zu haben (Höttecke, 2010a, S. 10).

Schülerinnen und Schüler haben anfangs Schwierigkeiten beim „Zuschneiden einer gut zu untersuchenden Forschungsfrage, dem selbstständigen Planen einer Untersuchung, dem Aufstellen einer sinnvollen Hypothese, dem systematischen Experimentieren sowie dem Reflektieren eigener Ergebnisse“ (Bell, 2010, S. 5), da sie manchmal zu wenig systematisches Wissen haben.

Daher empfiehlt Höttecke (2010a, S. 10) eine schrittweise Öffnung des Unterrichts mit Variationen des Grades der Öffnung des Unterrichts und Übertragung von immer mehr Verantwortung auf die Lernenden.

Konkrete Ratschläge, Hilfen und Auswege gibt Thorsten Bell im Piko-Brief 11(2010, S. 5):

- Forschendes Lernen als Ziel anvisieren mit gangbaren und gut durchdachten Schritten.
- Ausbildung der kleinen Forscher langfristig anlegen und die kindliche Neugier ausnützen.
- Nicht alle Dimensionen gleichzeitig fördern, sondern Teilkompetenzen über einen längeren Zeitraum trainieren.
- Am Anfang offene Formen gut vorstrukturieren und Schülerinnen und Schüler stark führen.
- Die Lehrperson als Coach muss extrem gut vorausdenken.
- Starke Differenzierung zulassen: manche Schülerinnen und Schüler entfalten sich anders als andere.
- Es soll, kann, darf auch lehrerzentrierte Phasen mit systematisch aufbereitetem Wissen geben.
- Wichtig sind deutliche Anleitungen und Reflexionen, die dazu führen, dass Schülerinnen und Schülern bewusst wird, was sie beim Forschen lernen.

Wenn diese Tipps beim forschenden Lernen berücksichtigt werden, fühlen sich die Schüler und Schülerinnen hoffentlich nicht überfordert und schätzen die Kompetenzen, die sie durch diese Form des Unterrichts erwerben.

Langsames Heranführen der Lernenden an das forschende Lernen mit kleinen Schritten und Strukturierungshilfen - wie die geplante Untersuchung stattfinden wird - ist auch gerechtfertigt durch die Aussage, dass „angeleitetes forschend-entdeckendes Lernen verglichen mit unangeleitetem wirksamer ist“ (Höttecke, 2010a, S. 10).

4 FRAGESTELLUNG, METHODE, DURCHFÜHRUNG

4.1 Hypothese

Schrittweises Herangehen an forschendes Lernen und Herausgreifen von zwei Kompetenzen des Erkenntnisgewinns (Beobachten und Fragen stellen) möchte ich in der Untersuchung verbinden, da meine Hypothese lautet: Entwicklung der Kompetenzen E1 (Beobachtungen machen) und E2 (Fragen stellen) ist durch forschendes Lernen möglich.

Forschendes Lernen ist eine Möglichkeit, den Kompetenzerwerb beim Experimentieren zu steigern. Meine Vermutung ist, dass bewusstes Heranführen an forschendes Lernen in ausgewählten Kompetenzbereichen wie Beobachten und Fragen stellen zu einem Kompetenzgewinn bzw. zu besserem naturwissenschaftlichem Verständnis (sowohl des Fachwissens als auch das Verständnis über die Naturwissenschaften) führt. Schülerinnen und Schüler werden sich bewusst, dass sie diese erworbenen Kompetenzen für Alltagsfragen einsetzen können.

Mein Ziel ist es, dass Schülerinnen und Schüler Experimente nicht wie ein Kochrezept abarbeiten, sondern verstehen, was und warum sie etwas tun. Wenn sie Ergebnisse naturwissenschaftlich erklären können, im Alltag wiedererkennen und auf andere Bereiche übertragen können, dann werden die Schülerinnen und Schüler zu mündigen Erwachsenen, die auf die Umwelt und sich selbst mit einem kritischen naturwissenschaftlichen Auge schauen.

4.2 Methode

Bei der ersten Untersuchung sollen die Schülerinnen und Schüler zu einem selbst durchgeführten Experiment sieben Sätzen schreiben, in denen sie dokumentieren, wie genau sie beobachten. Daraus kann auf den Kompetenzstatus von E1 (Beobachtungen beschreiben) geschlossen werden.

Die Aufgabe Fragen formulieren soll Aufschluss geben, inwieweit die Lernenden in der Lage sind, sinnvolle Fragen in Zusammenhang mit den durchgeführten Versuchen zu formulieren (Kompetenz E2).

Eine Beschränkung der Sätze erscheint mir wegen der Vergleichbarkeit und Auswertung bezüglich der Schlüsselwörter sinnvoll. Andere Schülerinnen und Schüler brauchen eine Zahl, nach der sie sich strecken müssen. Die Sätze werden nach folgenden Schlüsselwörtern untersucht: Material, Durchführung, Beobachtungen, naturwissenschaftliches Phänomen und Anderes. Mir erscheint es praktikabel in „sieben“ Sätzen Schlüsselwörter nach den oben genannten fünf Kriterien unterzubringen.

Zum Begriff „Durchführung“ werden alle Schritte gezählt, die die Experimente nacheinander benötigen. Zur „Beobachtung“ gehört, was die Schülerinnen und Schüler während des Versuches beobachten. Unter „naturwissenschaftliche Phänomene“ fallen die Erklärungen zum Versuch und die Fachwörter. Begriffe, die in keine dieser Kategorien passen, kommen zu „Anderes“.

Die Bedeutung der Frage beschreibt Anton (2008, S. 170): „Die Frage steht am Beginn der Wissenserweiterung und die Qualität der Fragen ist abhängig von der zu-

grunde gelegten Wissensqualität“. Die Fragen werden eingeteilt nach folgenden fünf Kriterien: weiteführenden Fragen, Fragen zum Versuchsablauf, um weitere Erklärungen zu bekommen und zum Informationsgewinn. Die letzte Kategorie ist für Fragen, die sich nicht zuordnen lassen.

Unter „weiterführende Fragen“ fallen für mich solche, an denen man weitere Versuche anknüpfen könnte. Bei Informationsfragen müssen nur Daten erhoben werden – es sind einfache Fragen, bei denen die Lernenden die Quellen und Informationen leicht finden. Fragen, wo gezieltere Informationen, Vorwissen und naturwissenschaftliches Verständnis notwendig sind, habe ich „Erklärungen“ zugeordnet. Fragen zum Versuchsablauf sind für die Lehrenden interessant, weil sie erfahren, wo sich Experimentierende unsicher sind, wie und wann etwas zu tun ist. Diese Fragen geben Antworten auf Unsicherheiten und Überforderung, wie sie beim forschenden Lernen leicht entstehen können.

In der Übungsphase erhalten die Lernenden Rückmeldungen und Tipps und arbeiten in der Gruppe, um gegenseitig voneinander lernen zu können. Sie führen Versuche durch, schreiben darüber sieben Sätze und bekommen die ausgewerteten Sätze zurück. Die Fragen werden erarbeitet und beantwortet.

Ein weiteres Experiment basiert auf einer Forscherfrage im Sinne des Heranführens an das forschende Lernen. Das Experiment selber planen, durchführen und protokollieren entspricht einer weiteren Kompetenz – nämlich E3. Nachdem die Schülerinnen und Schüler das Experiment ausprobiert haben, schreiben sie eine Anleitung für andere Schülerinnen und Schüler.

In der zweiten Untersuchung, die etwa drei Monate später stattfindet, führen die Schülerinnen und Schüler wegen der besseren Vergleichbarkeit den gleichen Versuch wie in der ersten Untersuchung durch. Kristallwasser 1 und 2 sind deshalb gut vergleichbar, da sie dieselben Materialien, Durchführung, Beobachtungen und naturwissenschaftlichen Phänomene haben, nur die Arbeitsanleitung ist anders, damit sie nicht sofort erkennen, dass sie diesen Versuch schon durchgeführt haben. Die Vergleichbarkeit der beiden Untersuchungsergebnisse ist gegeben. Das Fragenstellen kann in diesem Fall nicht mehr bewertet werden, da viele der Fragen aus der ersten Untersuchung zu dem Versuch im Unterricht aufbereitet wurden.

4.3 Durchführung

4.3.1 Ausgangssituation

Die vierte Klasse, mit der ich die Untersuchung in Chemie durchführe, unterrichte ich bereits das dritte Jahr in Physik und seit Schulanfang auch in Chemie. Die siebzehn Mädchen und fünf Knaben mussten zuerst die Laborführerscheinprüfung ablegen, wo sie die Handhabung von Stativen, Bunsenbrenner und Messgeräten, die Kenntnisse von Sicherheitsregeln und Laborgeräten und das Durchführen einfacher Experimente nach Anweisung zeigten. Die Schülerinnen und Schüler sind eifrig, willig, lernen gerne, arbeiten mit und sind mit Humor leicht zu motivieren. In der Doppelstunde, die alle 14 Tage stattfindet, ist es möglich, sich intensiv mit einem Thema zu beschäftigen und ohne Zeitdruck Experimente durchzuführen und zu reflektieren.

4.3.2 Erste Untersuchung

Die Schülerinnen und Schüler führen das Experiment „Kristallwasser 1“ (Anleitung im Anhang) zum Thema endotherme und exotherme Reaktionen durch und schreiben Beobachtungen, Ergebnisse und Erklärung in ihr Heft. Sie werden angehalten sehr genau zu beobachten. Nachdem sie die Versuchsanleitungen abgegeben und das Heft geschlossen haben, lautet ihr Auftrag:

- „Beschreibe in sieben Sätzen den Versuch. Verwende Fachbegriffe und vollständige Sätze.“
- „Formuliere Fragen zu dem Versuch.“

Als Rückmeldung erhalten die Schülerinnen und Schüler die Kriterien, nach denen die sieben Sätze ausgewertet wurden und Tipps, wie sie möglichst genau den Versuch beschreiben können. Z. B. alle benötigten Dinge aufzählen, den Ablauf zu beschreiben mit den Beobachtungen und dann eine Erklärung für das Ergebnis zu finden. Dies soll dann in der Übungsphase gefestigt werden.

4.3.3 Übungsphase

Die im Folgenden beschriebenen Experimente dienen als Übung zum Formulieren der kurzen Texte. Die Lehrerin führt vier Versuche vor.

- Ein Becherglas wird mit der Öffnung nach unten in eine Glaswanne gestellt, die ca. 2 cm hoch mit Wasser gefüllt ist.
- Der Name des Versuches „Kerzenlift“ ist aussagekräftig. Ein brennendes Teelicht schwimmt in dieser Wanne, eine Flasche mit einer großen Öffnung wird verkehrt darübergestülpt. Die Flasche wird mit einem Deckel verschlossen und aus der Wanne gehoben und mit der Öffnung nach unten am Tisch abgestellt.
- Der Docht des Teelichtes wird durch fünf Zündhölzer ersetzt, die Zündhölzer angezündet und eine weitere Flasche darübergestülpt, mit einem Deckel verschlossen und neben die andere Flasche gestellt.
- Eine Wunderkerze wird in Knetmasse gesteckt, die sich auf dem Deckel einer Flasche befindet, in die Wanne mit Wasser gesetzt und angezündet. Die Glasflasche darüberstülpen.

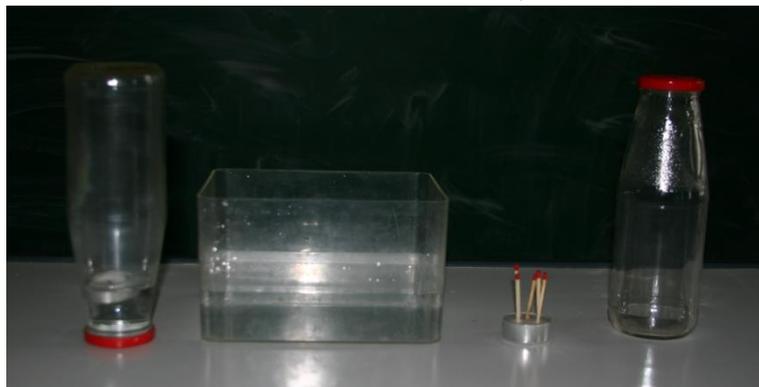


Abbildung 4: Links wurde Versuch b bereits durchgeführt. Rechts wartet Versuch c auf seine Durchführung.

In diesen Versuchen geht es um Eigenschaften und Zusammensetzung der Luft. Die Lehrerin zeigt zuerst vor, damit die Schülerinnen und Schüler genaue Beobachtungen machen. Die Beobachtungsaufgabe zum ersten Versuch lautet: Zeichne in deinem Heft den Wasserstand im Glas ein. Was befindet sich im Glas? Am Ende des zweiten Versuches werden sie nach einer Vermutung gefragt. Die Lernenden geben sofort als Erklärung „der Sauerstoff wird verbraucht“ und alle sind sich einig. Es folgt

Versuch 3 und die Lernenden erkennen, dass ihre Hypothese nicht stimmen kann. Anhand eines Textes (siehe Anhang) erarbeiten sie die Erklärungen für das Versuchsergebnis und erkennen, dass viele Faktoren dieses Ergebnis bewirken. Die Lehrerin führt auch Teil 4 vor, wo die Zuschauerinnen und Zuschauer negativ beeindruckt von den vielen Schadstoffen sind. Nachdem die Schülerinnen und Schüler Versuch 2 und 3 selbst durchgeführt haben, schreiben sie in ihrer Arbeitsgruppe gemeinsam die sieben Sätze.

Beim nächsten Versuch zum Kapitel Säuren und Basen „Was ist ein Indikator“ (siehe Anhang) schreiben sie die Sätze alleine und bekommen ein Feedback, wie viele Schlüsselwörter sie erreicht haben.

Die nächste Aufgabenstellung ist eine Forscherfrage im Sinne des angeleiteten forschenden Lernens. Mit ihrem bereits gelernten Vorwissen über Säuren, Basen und die Wirkung eines Indikators sollen sie ein Experiment selber planen und durchführen. Um weiterführende Fragen und Experimente geht es beim forschenden Lernen. Schülerinnen und Schüler auf einen Weg bringen, wo sie aus Neugier, Interesse, Forschergeist selber Experimente planen und durchführen. Das war ein Grund, den Schülerinnen und Schüler folgende Fragestellung anzubieten: Welche Stoffe eignen sich als Indikator?

Als „Chemikalien“ stehen zur Verfügung: Kirschen, Radieschen, rote Rübe, Himbeeren, roter Traubensaft, Rotwein, rote Tinte, Brombeeren, rote Malfarbe, Zitrone, Essig, Zitronensäure, Speisesoda, Waschsoda,... und alle Geräte aus dem Chemiesaal dürfen verwendet werden.

Die Aufgabe im Anschluss an das Experiment lautet: Schreibe eine Versuchsanleitung für andere Schülerinnen und Schüler.

4.3.4 Zweite Untersuchung

Das Experiment aus der ersten Untersuchung wird unter dem chemischen Aspekt Salze, aber mit einer anderen Versuchsanleitung (siehe Anhang: Kristallwasser 2) wiederholt und es sind wieder sieben Sätze zu schreiben.



Abbildung 5: Beobachtungen an Versuch Kristallwasser

4.3.5 Weiterführung

Nach einem weiteren Versuch, der ebenso mit sieben Sätzen reflektiert wird, stelle ich den Lernenden eine Anwendungsaufgabe. Können die Schülerinnen und Schüler

das eben Gelernte in einen anderen Bereich transferieren bzw. das Bild mit der Geschichte bewerten?

Der Auftrag lautet „Mit welchen Chemikalien kann man verkalkte Haushaltsgeräte am besten reinigen?“ Welche chemischen Kriterien machen Haushaltschemikalien zu einem guten Reinigungsmittel für verkalkte Haushaltsgeräte?

Eierschalen, Essig, Haushaltsreiniger, Allzweckreiniger, WC-Reiniger, Kristallsoda, Kalkentferner, ... Indikatorpapier stehen zur Verfügung, um diese Frage zu beantworten. Als Hilfe für Gruppen, die keinen Weg finden, liegt eine Tabelle am Lehrertisch (siehe Anhang: Hilfestellung).

Die Schülerinnen und Schüler schreiben die sieben Sätze und bekommen eine Geschichte mit Bild (siehe Anhang: Verkalkte Haushaltsgeräte), die sie mit wahr oder falsch bewerten sollen, eine Erklärung dafür angeben und vielleicht auch noch einen Versuch anführen, mit dem sie ihre Aussage stützen und bestätigen können.

Die Evaluation des Versuches „Verkalkte Haushaltsgeräte“ erfolgt über drei Aufgaben

- 1) Sieben Sätze
- 2) Frage: „Gibt es einen Versuch, den du zu diesem Thema ausprobieren möchtest?“
- 3) Bewertung einer Geschichte mit wahr/falsch

Die Kompetenzen, die sie dafür brauchen, gehen über E1 und E2 hinaus. Zu E3 (Planen und Durchführen von Experimenten) gesellt sich auch S1 (Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen).

5 ERGEBNISSE, RESÜMEE

5.1 Auswertung

5.1.1 Auswertung der Schlüsselwörter

Die Schlüsselwörter wurden gezählt und den einzelnen Kategorien zugeordnet. Die Anzahl der Schlüsselwörter ergibt die Punkteanzahl. Der Vergleich der sieben Sätze zeigt, dass sich alle Schülerinnen und Schüler verbessert haben mit drei Ausnahmen. Die beiden sehr engagierten Schülerinnen mit den Nummern 8 und 16 haben sich in der zweiten Untersuchung nicht verbessern können, sondern einen Punkt verloren. Das ist aber wenig aussagekräftig, da sie von Anfang an eine hohe Punktezahl erreicht haben. Der Schüler mit der Nummer 10 hat gleich drei Punkte weniger und liegt mit zwölf erreichten Schlüsselwörtern weit abgeschlagen am unteren Ende der zu erreichenden Punkte. Für mich manifestiert sich darin sein nachlassendes Interesse der Schule gegenüber – speziell den Naturwissenschaften - und dieses Ergebnis stimmt mit seiner Mitarbeit überein. Bei ihm stellt sich die Frage, ob Wissen, Können und Wollen (vergleiche mit dem Kompetenzbegriff) zusammenspielen. In der Auswertung über die verkalkten Haushaltsgeräte können sich die beiden vorher genannten Mädchen steigern, wobei der Knabe wieder mit zwölf Punkten am unteren Ende der Ergebnisliste liegt.

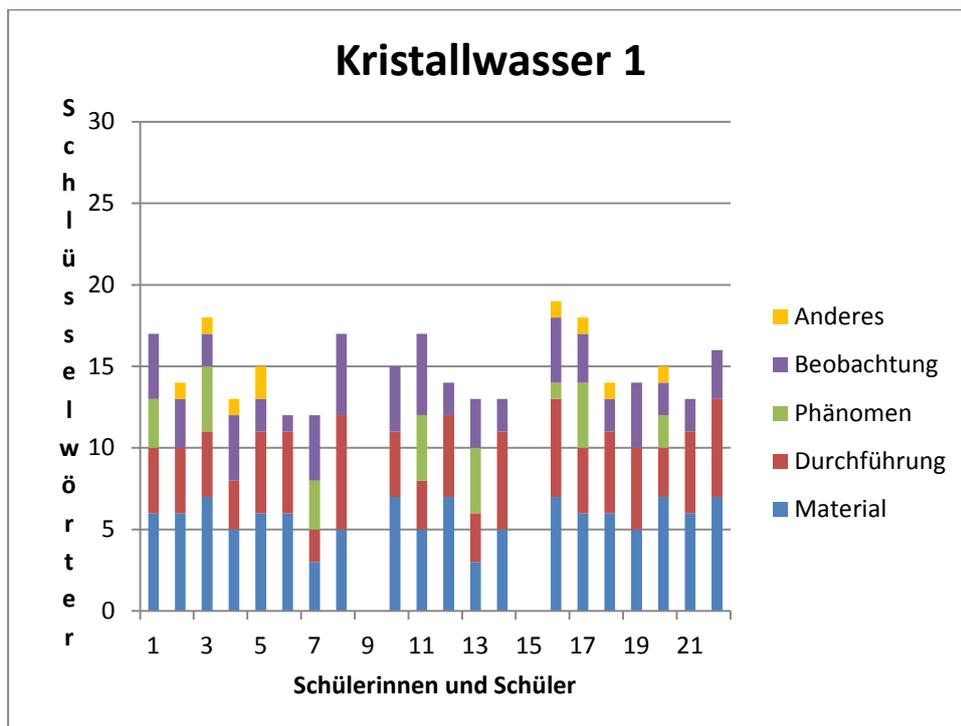


Abbildung 6: Auswertung des Versuches Krsitallwasser 1

Die Gesamtpunkte der Klasse steigen von 299 auf 387 Punkte, das ist eine Steigerung um ca. 30 %. Bei beiden Untersuchungen fehlen jeweils zwei Kinder, wie an den leeren Säulenplätzen zu erkennen ist.

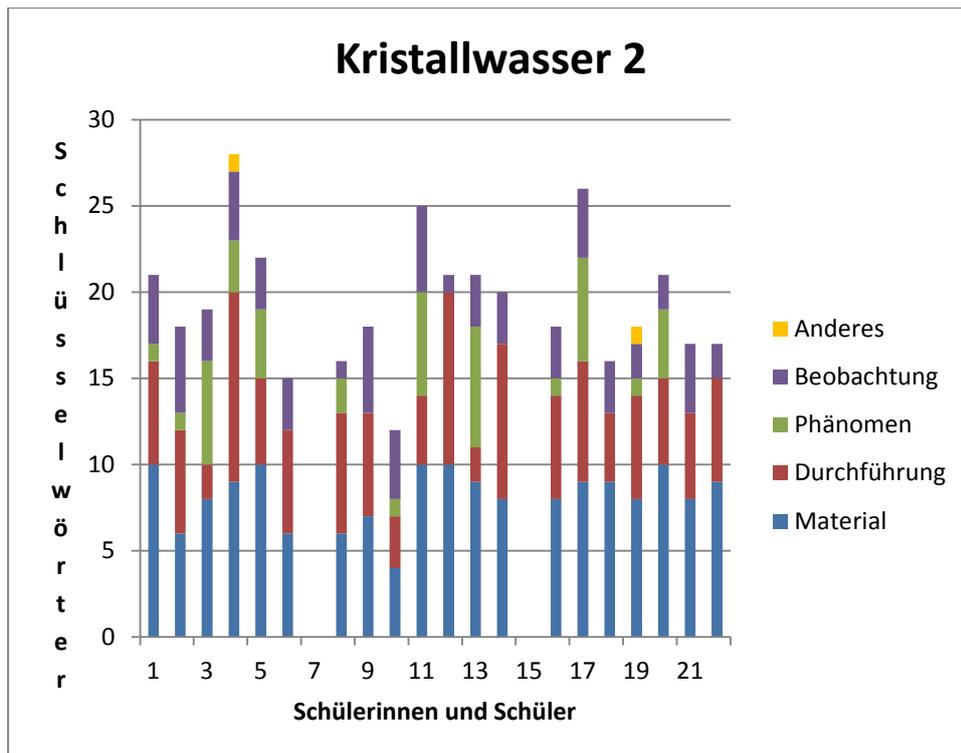


Abbildung 7: Auswertung des Versuch Kristallwasser 2

Beim Versuch mit den verkalkten Haushaltsgeräten ist die Punktezahl 422, wobei hier ein Kind mehr teilnahm. Die durchschnittlich erreichte Punkteanzahl pro Kind wird in der Tabelle unten dargestellt:

Versuch	Gesamtpunkte aller Kinder	Anzahl der Kinder	Durchschnittlich erreichte Punkte/Kind
Kristallwasser 1	299	20	14,95
Kristallwasser 2	387	20	19,35
Verkalkte Haushaltsgeräte	422	21	20,1

Typisch für Schülerinnen und Schüler - geprägt von vielen Vorerfahrungen - war die Frage „Zählt das zur Note?“ Dass die Anzahl der Schlüsselwörter und der Fragen zu den Versuchen nicht benotet würden, war erleichternd für sie. Motivierend war aber für sie zu wissen, dass ihre Anstrengung, Leistungsbereitschaft und ihr Eifer zu einer guten Mitarbeit zählen. Nach der Rückgabe der Zettel mit den sieben Sätzen nach der Übungsphase verglichen die Schülerinnen und Schüler ganz schnell mit ihren Nachbarinnen und Nachbarn, wo sie bezüglich ihrer Anzahl der Schlüsselwörter liegen.

Genau sieben Sätze zu schreiben ist für manche Lernenden eine große Herausforderung, weil sie sich auf das Wesentliche beschränken müssen bzw. ein bisschen vorausplanen, was sie alles schreiben wollen.

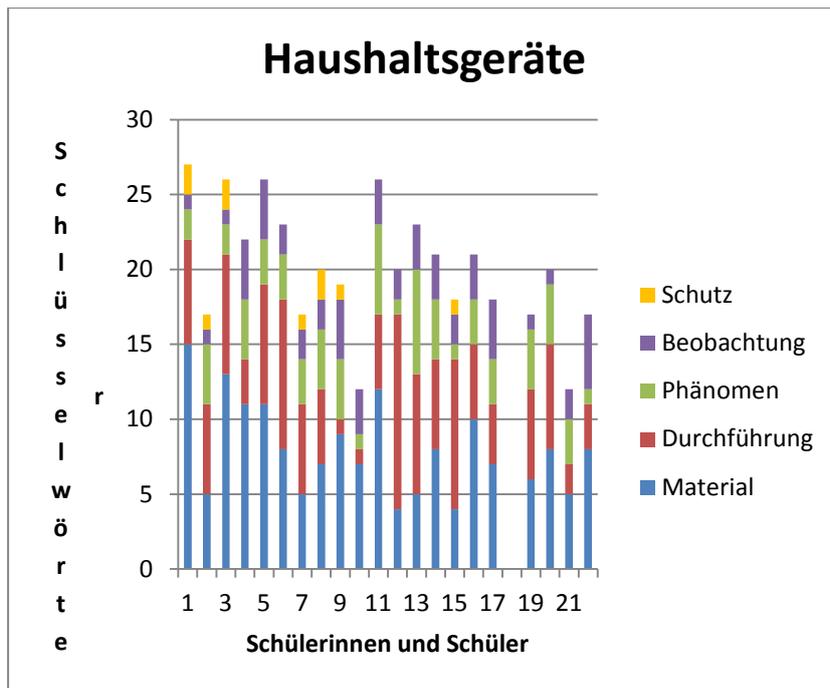


Abbildung 8: Auswertung des Versuches Verkalte Haushaltsgeräte

Beim Versuch mit den verkalkten Haushaltsgeräten habe ich „Anderes“ in die Kategorie „Schutzmaßnahmen“ umbenannt, weil auffällig viele Schülerinnen und Schüler die Schutzbrille und Sicherheitsmaßnahmen erwähnten, sonst aber keine nicht zuordenbaren Begriffe vorkamen. Schutzmaßnahmen im Zusammenhang mit Chemikalien, die in vielen Haushalten vorhanden sind, finde ich toll, da ein umsichtiger, verantwortungsbewusster Umgang mit dem Chemikalien zu erwarten ist.

5.1.2 Auswertung der Fragen

Bei Versuch 1 stellen die Schülerinnen und Schüler viele Fragen. Diese wurden wie in der Tabelle ersichtlich nach der Art der Fragen eingeteilt.

Kriterien	Anzahl	Beispiele
Weiterführende Fragen	5	Warum fängt der Kristall an zu blubbern? Wieso fängt es an zu zischen? Wieso schmilzt Kupfersulfat nicht?
Fragen zum Versuchsablauf	11	Wann weiß man, dass es fertig erhitzt ist und Wasser dazugeben werden muss? Ist der Versuch gefährlich?
Fragen zu Erklärungen	17	Warum verfärbt er sich? Warum ist Kupfersulfat giftig?
Informationsfragen	41	Sind wegen diesem Stoff schon Menschen gestorben? Wer hat diesen Stoff entdeckt und wozu ist er zu gebrauchen?
Nicht zuordenbare Fragen	0	0

Da ich die Kriterien vorher überlegt hatte und alle Fragen für mich zuordenbar waren, weist die letzte Zeile eine Null auf.

76 Fragen ergeben durchschnittlich 3,8 Fragen pro Kind. Auffallend ist, dass die Fragen einzelner Kinder fast nur zu einer Kategorie gehören – mit Ausnahme der weiterführenden Fragen. Entweder formulierten sie Informationsfragen oder Fragen zum Versuch. Bei einigen Schülerinnen und Schülern fällt der oben erwähnte Zusammenhang zwischen Wissensstand und Qualität der Fragen augenscheinlich auf.

Ein Vergleich zum Kristallwasser 2 ist nicht sinnvoll, da viele Fragen im Anschluss an den ersten Versuch beantwortet worden sind.

Von den 50 Fragen zum Thema Indikator könnte man zu zehn Fragen weiterführende chemische Experimente machen.

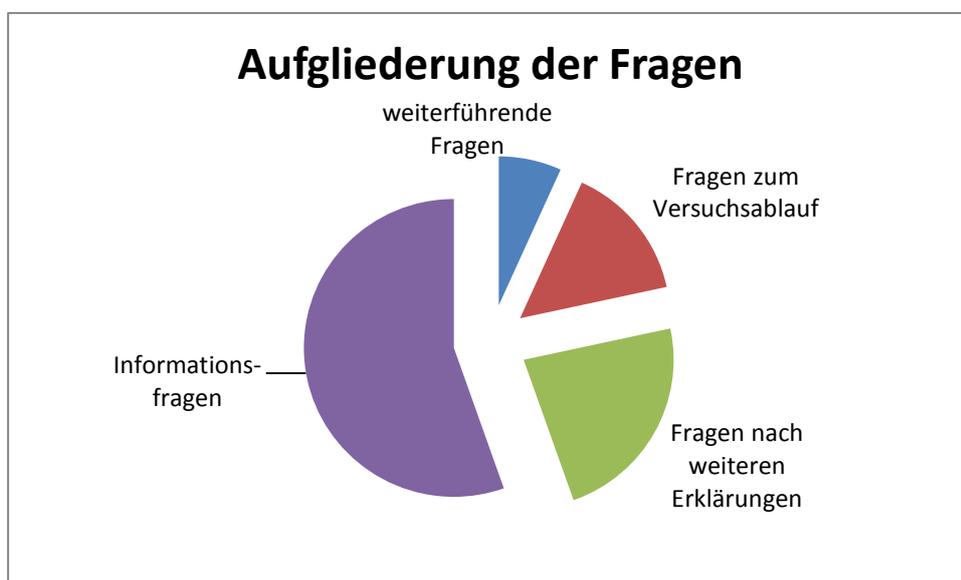


Abbildung 9: Diagramm über Aufgliederung der Fragen

5.1.3 Auswertung des Versuches „Verkalkte Haushaltsgeräte“

Die Evaluation des Versuches erfolgt über drei Aufgaben wie unter Punkt Durchführung aufgezählt.

Ad 1) Die Auswertung der sieben Sätze zeigte eine hohe Anzahl an verwendeten Schlüsselwörtern, wie bereits erwähnt.

Ad 2) Es geht um die Frage nach einem Versuch, der zur Klärung der Frage beitragen kann. Aufgrund meines Forschungsinteresses Schülerinnen und Schüler zum forschenden Lernen zu bringen, ist diese Frage für mich von besonderem Interesse, und deswegen habe ich sie in diese Studie eingebaut bzw. die Fragestellung von allgemeinen Fragen direkt auf einen Versuch hingeleitet.

Zwölf von den anwesenden 21 Schülerinnen und Schülern haben einen Versuch vorgeschlagen. Alle Versuche stehen in Zusammenhang mit dem vorher durchgeführten Experiment bzw. der Frage und sind durchführbar. Die Schülerinnen und Schüler zeigen, dass sie Wissen anwenden und ein Wollen und Können vorhanden ist. Naturwissenschaftliche Kompetenzen werden gezeigt. Meine Interpretation ist,

dass die Schülerinnen und Schüler im Unterricht wissenschaftliche Arbeitsweisen entwickelt haben. Ein direkter Vergleich mit den weiterführenden Fragen aus Kristallwasser 1 ist nicht haltbar, da dort die Fragestellung eine andere war. Schon dort hätte die Frage nach weiterführenden Versuchen lauten müssen.

Beispiele für von Schülerinnen und Schülern vorgeschlagene Experimente:

- sauren Boden herstellen und Kalk darüber streuen
- an kaputtem Waldstück testen
- Kann man ein gekochtes Ei in einen Kalkentferner legen, dass nur das Ei übrigbleibt?

Ad 3) Das Bewerten der Geschichte war für die Schülerinnen und Schüler schwerer, als ich erwartet habe. Zwei Mädchen haben diese Frage mit wahr beantwortet und auch die richtige Erklärung gegeben. Diese beiden Schülerinnen zeigen während der naturwissenschaftlichen Stunden viel Interesse, viel Verständnis, fallen durch positive Wortmeldungen auf und gehören zu den besten in dieser Klasse. Zwei Burschen sagen, dass die Geschichte falsch ist, geben aber die richtige Antwort, warum es funktioniert. Andere Schülerinnen und Schüler meinen, dass sie es noch nie gehört oder gesehen haben, aber sehr wohl Bilder, wie ein Waldbrand gelöscht wird. Schwierigkeiten ergeben sich, weil das Vorwissen über sauren Boden fehlt oder irrelevante Annahmen verwirren wie z. B. Kalk ist im Grundwasser.

Nachdem alle Schülerinnen und Schüler den Zettel abgeben haben, wollten sie sofort wissen, ob die Geschichte wahr oder falsch ist. Irgendwie waren sie enttäuscht, dass sie so falsch gelegen sind. Als Rückmeldung habe ich von den Lernenden bekommen, dass sie geglaubt hätten, dass ich ihnen eine Falle stellen wollte mit der Frage. Um eine solche Verwirrung oder Täuschung der Schülerinnen und Schüler in Zukunft zu vermeiden, muss diese Frage neutraler gestellt werden z. B. Wie würdest du das erklären?

5.1.4 Auswertung des Versuchs „Welche Stoffe eignen sich als Indikator?“

Bei diesem Versuch arbeiten die Schülerinnen und Schüler ohne Anleitung. Eine Forscherfrage bietet ihnen einen roten Faden. Hier können sie zeigen, welche Kompetenzen sie haben. Nachdem sie die Fragestellung verstanden haben, machten sie sich zielstrebig an die Arbeit. Die Schwierigkeit lag daran, dass diesmal die Säure bzw. die Lauge testet, ob der andere Stoff ein Indikator ist und die Säure bzw. die Lauge anzeigen kann. Sehr rasch kamen alle Gruppen zum Ziel, bis auf eine Gruppe: diese mühte sich mit der gekochten roten Rübe ab, die keinen Saft „hergeben“ wollte. Mit viel Geduld und vielen Arbeitsschritten schafften auch diese Mädchen es, zu einem Ergebnis zu kommen. Sie mussten zerreiben, mit Wasser verdünnen, filtrieren und dann feststellen, rote Rübe ist kein Indikator.

Das Schreiben der Versuchsanleitung für andere Schülerinnen und Schüler fiel allen leicht. Alle Gruppen haben die Anleitung strukturiert. Es gibt verschiedene Punkte wie Material, Vorgehensweise und Erklärung. Eine Anleitung ist etwas dürftig, aber nach allen anderen Versuchsanleitungen könnten andere Schülerinnen und Schüler arbeiten. Ein Beispiel für eine Anleitung befindet sich im Anhang (Nummer 8).

5.2 Resümee

Besonders auffallend, und zwar während aller Untersuchungsphase, war die hohe Motivation, mit der die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben bearbeitet haben, obwohl sie nichts von der Untersuchung gewusst haben.

Die klare Aufgabenstellung ein Experiment zu beobachten und dann einen Text mit sieben Sätzen zu schreiben, hat die Schülerinnen und Schüler meiner Meinung nach nicht überfordert. Sondern im Gegenteil, das Schreiben als selbstdifferenzierende Methode bietet allen Lernenden eine Chance, die Aufgabe nach ihren Möglichkeiten zu erledigen. Der Text als Lernprodukt schaut bei allen ähnlich aus und unterscheidet sich dennoch in der Qualität. Das Beobachten ist wichtig, denn ohne dieses wäre es schwierig, den Text zuschreiben.

Das Experiment, bei dem sie beobachten, ist aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht nicht wegzudenken, aber Studien zeigen, „dass Schülerinnen und Schüler nur selten die Gelegenheit haben, Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente selbständig zu bewältigen oder zumindest daran beteiligt zu sein“ (Duit, 2007, S. 6). Beim forschenden Lernen müssen sie das Experiment planen, durchführen und auswerten. Auch in diesem Bereich haben sich die Lernenden bewährt und die Aufgaben bewältigt.

Die Schülerinnen und Schüler haben im Zuge des forschenden Lernens eine positive Entwicklung der Kompetenz „Beobachten“ und „Fragestellen“ durchgemacht. Die Fragefähigkeit der Lernenden zu entwickeln oder zu fördern ist wichtig: „Denn das eigene Fragen ist der erste Schritt für einen selbstgesteuerten und damit intrinsisch motivierten Aufbau von Wissen“ (Anton, 2008, S. 170). Ein behutsames, stufenweises und teilweise angeleitetes forschendes Lernen sehe ich als eine Möglichkeit, einzelne Kompetenzen zu entwickeln. Meine Interpretation ist, dass die Entwicklung und Förderung einzelner Handlungskompetenzen des Kompetenzmodells mit seinen Ausführungen im naturwissenschaftlichen Unterricht durch forschendes Lernen als Methode gut erreichbar ist, wie durch die beiden Kompetenzen E1 und E2 gezeigt wurde.

In der Literatur gibt es viele spannende und erfolgversprechende Anregungen an konkreten Themen und Inhalten weitere Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern zu entwickeln.

6 LITERATUR

Anton, M. (2008). Kompendium Chemiedidaktik. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2007). Naturwissenschaftliches Arbeiten. Seelze: Friedrich Verlag.

Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.). (2012). Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. Seelze: Friedrich Verlag.

Mikelskis-Seifert, S. & Rabe, Th. (Hrsg.). (2007). Physikmethodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin. Cornelsen Verlag Scriptor.

Parchmann, I. (2009). Alltagsorientierung in den Naturwissenschaften. Forschendes Lernen im Chemieunterricht. In: Messner, R. (Hrsg.). (2009). Schule forscht – Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen. Hamburg: edition Körber-Stiftung.

Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (2003). Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH.

Zeitschriftenartikel:

Höttecke, D. (2010a). Forschend-entdeckender Physikunterricht. In: Höttecke, D. (Hrsg.). Forschend-entdeckendes Lernen. Naturwissenschaften im Unterricht-Physik. 21, Nr. 119. Seelze: Friedrich Verlag.

Höttecke, D. & Henke, A. (2010b). Über die Naturwissenschaften lehren und lernen. In: Stäudel, L. & Rehm, M. (Hrsg.). Nature of Science. Naturwissenschaften im Unterricht-Chemie. 21, Nr. 118/119. Seelze: Friedrich Verlag.

Hofheinz, V. (2010). Das Wesen der Naturwissenschaften. In: Stäudel, L. & Rehm, M. (Hrsg.). Nature of Science. Naturwissenschaften im Unterricht-Chemie. 21, Nr. 118/119. Seelze: Friedrich Verlag.

Leisen, J. (2011). Kompetenzorientiert unterrichten. In: Leisen, J. (Hrsg.). Kompetenzorientiert unterrichten. Naturwissenschaften im Unterricht-Physik. 22, Nr. 123/124. Seelze: Friedrich Verlag.

Pfeifer, P. (2010). Das Experiment im Spiegel des Chemieunterrichts. In: Stäudel, L. & Rehm, M. (Hrsg.). Nature of Science. Naturwissenschaften im Unterricht-Chemie. 21, Nr. 118/119. Seelze: Friedrich Verlag.

Sonstige Quellen:

Bell, Th. (2010). Piko-Brief Nr. 11: Forschendes Lernen. In: Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.). (2012). Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. CD-Rom. Seelze: Friedrich Verlag.

Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). Naturwissenschaftliches Arbeiten. In: Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.). (2012). Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. CD-Rom. Seelze: Friedrich Verlag.

Wertenbroch, W. (2010). Lernwerkstatt „Chemie um uns herum“. 1. Digitalauflage 2013. Kerpen: Kohl-Verlag.

Internetadressen:

Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens (BIFIE) (2011). Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe. Vorläufige Endversion Oktober 2011. Online:
https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf.
[21.06.2014]

ANHANG1: Auszug Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe 2

1 Handlungsdimension

1.1 Handlungskompetenzen (H)

Wissen organisieren: Aneignen, Darstellen und Kommunizieren

Ich kann einzeln oder im Team ...

W 1 Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen

W 2 aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen

W 3 Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen (Grafik, Tabelle, Bild, Diagramm ...) darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren

W 4 die Auswirkungen von Vorgängen in Natur, Umwelt und Technik auf die Umwelt und Lebenswelt erfassen und beschreiben

Erkenntnisse gewinnen: Fragen, Untersuchen, Interpretieren

Ich kann einzeln oder im Team ...

E 1 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben

E 2 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen

E 3 zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren

E 4 Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren

Schlüsse ziehen: Bewerten, Entscheiden, Handeln

Ich kann einzeln oder im Team ...

S 1 Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen

S 2 Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für mich persönlich und für die Gesellschaft erkennen, um verantwortungsbewusst zu handeln

S 3 die Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik für verschiedene Berufsfelder erfassen, um diese Kenntnis bei der Wahl meines weiteren Bildungsweges zu verwenden

S 4 fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren und naturwissenschaftliche von nicht naturwissenschaftlichen Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden

ANHANG 2: Kristallwasser 1

Material: Teelöffel oder gebogene Spatel, Teelicht, Zündhölzer, Pipette mit Wasser, Kupfersulfat (genauer: Kupfersulfat-Pentahydrat)

- 1) Erhitze auf einem Löffel blaue Kupfersulfatkristalle und beobachte.
- 2) Gib einen Tropfen Wasser auf die erhitzten Kristalle, beobachte.

Beobachtungen:

Findest du eine **Erklärung**?

Vervollständige das folgende Schema in deinem Heft. Ordne den Weg der Reaktionen durch Pfeile. Trage dabei folgende Begriffe ein: exotherme Reaktion, endotherme Reaktion, Energieaufnahme, Energieabgabe, blau, weiß

Kupfersulfat-Pentahydrat
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

Kupfersulfat
 CuSO_4

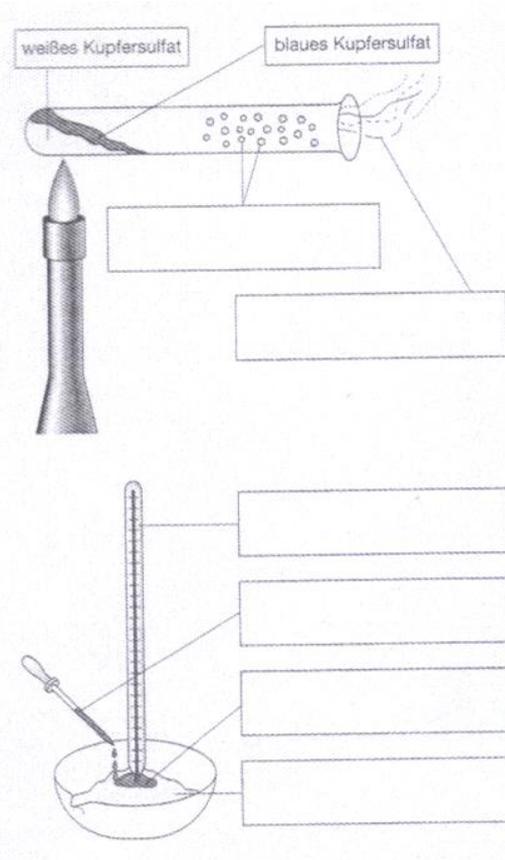
Beschreibe in sieben Sätzen den Versuch. Verwende Fachbegriffe und vollständige Sätze.

Formuliere Fragen zu dem Versuch.

ANHANG 3: Kristallwasser 2CuSO_4 oder $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$?

Kristallwasser ist die Bezeichnung für Wasser, das im kristallinen Festkörper gebunden vorkommt.

Material: Schutzbrille, kleine Proberöhre, Reagenzglashalter, Teelicht, Zündhölzer, Pipette, kleines Glas mit Wasser, blaues Kupfersulfat, Uhrglas oder Porzellanschale, Thermometer



- 1) Erhitze vorsichtig blaue Kupfersulfatkristalle und beobachte.
- 2) Gib die Kristalle in ein Uhrglas und lasse sie auskühlen.
- 3) Beschrifte die erste Abbildung.
- 4) Stelle eine Vermutung (**Hypothese**) auf: Wenn du einen Tropfen Wasser zu den Kristallen gibst, sollte die Temperatur steigen/fallen, weil der Vorgang endotherm/exotherm ist.
- 5) Gib **einen** Tropfen Wasser auf die Kristalle und beobachte.
- 6) Beschrifte die zweite Abbildung.
- 7) **Entsorgung:** Trockene Rückstände aufheben zum Wiederverwenden, Lösungen eindampfen (auf Spatel) oder im Behälter für anorganische Abfälle mit Schwermetallen entsorgen.

8) Vervollständige das folgende Schema . Ordne den Weg der Reaktionen durch Pfeile. Trage dabei folgende Begriffe ein: exotherme Reaktion, endotherme Reaktion, Energieaufnahme, Energieabgabe, blau, weiß, Wärmeaufnahme, Wärmeabgabe

Kupfersulfat-Pentahydrat
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Kupfersulfat
 CuSO_4

Beschreibe in 7 Sätzen deine Beobachtungen, Beschreibungen und Erklärungen zum Versuch. Verwende Fachbegriffe und vollständige Sätze.

Gibt es Fragen oder Versuche zu diesem Thema, die du ausprobieren möchtest?

ANHANG 4: Text zum Versuch Kerzenlift

Diese Frage wird oft sehr unterschiedlich beantwortet. Die Erklärung, die üblicherweise angeführt wird, lautet: Die Kerze verbraucht die Luft, und deshalb steigt Wasser in das Glas.

Diese Erklärung kann jedoch deshalb nicht stimmen, weil die Kerze zwar Sauerstoff verbraucht, diesen dabei aber nur in etwas anderes umwandelt. Brennt die Kerze entsteht Kohlendioxid sowie Wasser in Form von Wasserdampf. Daher beschlägt bei diesem Versuch auch oft das Glas. Diese Mischung braucht tatsächlich weniger Platz als Sauerstoff und Kohlendioxid löst sich gut in Wasser. Damit wäre zwar ein wenig Platz im Glas für das Wasser entstanden, aber dies allein kann nicht der Grund sein, dass das Wasser im Glas derart hoch steigt.

Wichtiger scheint die Tatsache, dass sich die Luft im Glas erwärmt, ausdehnt und aus dem Glas entweicht. Stülpt man das Glas schnell und von der Seite über die Kerze, blubbert es sogar im Teller. Anders ist dies, wenn man das Glas langsam von oben über die Kerze senkt. Dann wird die Luft bereits erwärmt, während sich das Glas nach unten bewegt. Sie dehnt sich aus und entweicht, bevor das Glas das Wasser überhaupt berührt. Ein Blubbern kann dann nicht mehr beobachtet werden.

Interessant ist auch die Frage, wie denn nun das Wasser genau in das Glas gelangt. Durch die entweichende Luft entsteht Platz, den das Wasser füllt. Allerdings wird das Wasser nicht in das Glas gesogen, sondern von dem größeren äußeren Luftdruck in das Glas gedrückt.

ANHANG5: Was ist ein Indikator?

Material: weiße Tüpfelplatte

1 Fläschchen mit Blaukrautsaft

Aufgabe: Teste das Verhalten von Blaukrautsaft bei der Zugabe von verschiedenen Stoffen.

Hefteintrag: Zeichne die Tüpfelplatte in dein Heft und beschrifte und bemale die einzelnen Felder.

Durchführung: Gib 2 Tropfen Blaukrautsaft in eine Vertiefung. Gib den Stoff, den du testen willst, dazu und beobachte.

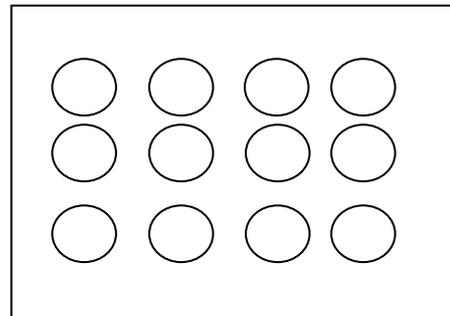
Materialien zum Testen: 1 Tropfen Essig, 2 Tropfen Zitrone, 2 Tropfen Speisesoda (in Wasser aufgelöst), 10 Kristalle Zitronensäure (fest), 1 Tropfen Waschsoda (in Wasser aufgelöst), 1 kleine Spatelspitze Gips, 10 Kristalle Salz, 2 Tropfen Wasser, 1 kleine Spatelspitze zerriebene Kreide, 10 Kristalle Kristallzucker, 1 kleine Spatelspitze Waschlauge, 1 kleine Spatelspitze Backpulver, 1 Tropfen verdünnte Salzsäure, 1/2 Gummibärchen, 1 kleine Spatelspitze Natron

Möchtest du noch andere Chemikalien testen?

Beobachtungen:

Erklärung:

Definiere den Begriff Indikator:



Blaukrautsaft + Säure: _____

Blaukrautsaft + Base: _____

Blaukrautsaft + neutral : _____

Ordne die getesteten Stoffe in eine Tabelle ein

Säure	Neutral	Base

ANHANG6: Hilfestellung zum Auftrag: Verkalkte Haushaltsgeräte reinigen

Reiniger	Inhaltsstoffe	Wirkungsweise	Indikatorpapier	Verhalten mit Eierschale	Ergebnis

ANHANG7: Verkalkte Haushaltsgeräte

- 1) Beschreibe in 7 Sätzen deine Beobachtungen, Beschreibungen und Erklärungen zum Versuch „Verkalkte Haushaltsgeräte“.

- 2) Begründe, warum du diese Geschichte/das Bild für wahr oder falsch hältst:

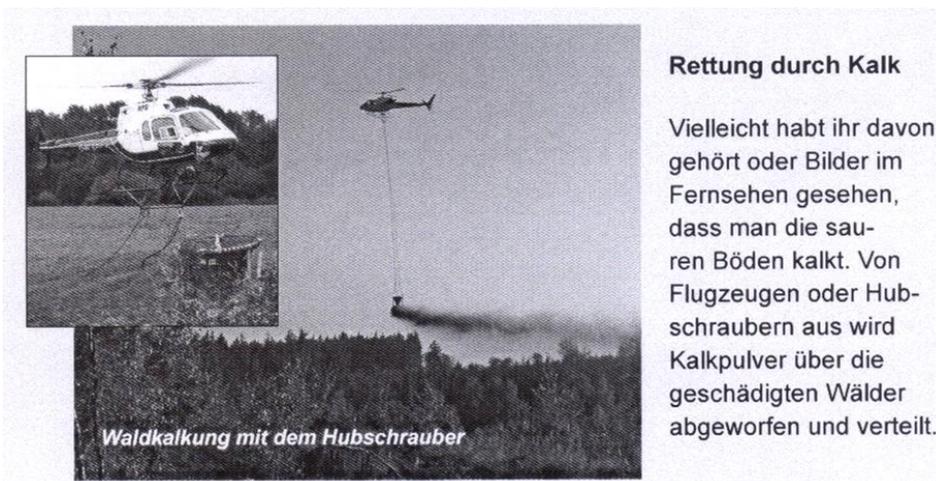


Abbildung 10: Wertenbroch, 2013, S. 40

- 3) Gibt es einen Versuch, den du zu diesem Thema ausprobieren könntest?

ANHANG 8: Beispiel für eine Versuchsanleitung

Material: Tropfplatte, Säure und Base, Spatel,
Pinzette

Ein Stoff (Küschle) bei dem man heraus finden möchte, ob es sich um einen Indikator handelt.

Vorgehensweise:

- zuerst Material abmessen
- in die Tropfplatte Küschensaft tropfen
- eine Säure dazugeben (Magensäure, ca. 3 Tropfen)
- das selbe mit einer Base durchführen (Speisesoda, ca. 3 Tropfen)
- beobachte was passiert?

Beobachtung/Ergebnis:

Der Küschensaft reagiert auf Säure und Base, indem sich die Farbe verändert.

Säure → wird rot

Base → wird grün (bei Fruchtstoff → braun)

Erfassung:

Die Küschle wirkt als Indikator.

Ein Indikator ist ein Stoff der anzeigt, ob etwas sauer oder basisch ist.

Indikator + Säure = Rot

Indikator + Base = Grün

Indikator + neutralen Stoff = unverändert