



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Unterschiedliche Ziele von Lehrperson und SchülerInnen
während des Experimentierens im Chemieunterricht – Eine
Videoanalyse Forschenden Lernens nach Grounded Theory“

verfasst von

Dominic Klika

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 190 313 423

Studienrichtung lt. Studienblatt:

UF Geschichte, Sozialkunde und Politische Bildung,
UF Chemie

Betreut von:

Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens

Mitbetreut von:

Dr. Simone Abels

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher, noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Wien, im Jänner 2016

Unterschrift des Verfassers
(Dominic Klika)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich im Zuge meines Studiums und während des Verfassens dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Zuerst möchte ich mich bei Frau Professor Dr. Anja Lembens bedanken, die sich bereit erklärt hatte, mich und meine Diplomarbeit zu betreuen und die mich in entscheidenden Momenten beriet. Des Weiteren spreche ich einen großen Dank an die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des DiplomandInnen- und DissertantInnen Seminars für die Didaktik der Chemie aus. Besonders möchte ich in diesem Zusammenhang Mag. Rosina Steininger nennen, die erste Schriftstücke der Arbeit mit Genauigkeit und vielen hilfreichen Tipps korrigiert hat. Diese Hinweise konnte ich im Verlauf der weiteren Arbeit zielführend anwenden.

Ein besonders großes und herzliches Dankeschön möchte ich an meine Mitbetreuerin Dr. Simone Abels aussprechen. Sie hat mich freundlich und bereitwillig in ihr Forschungsprojekt integriert und mir die Faszination der fachdidaktischen Forschung gezeigt. In vielen hilfreichen und informativen Gesprächen führte sie mich an die Arbeitsweisen der Fachdidaktik heran, sprach mir Mut zu und förderte mich bei der Forschungsarbeit. Aus dieser Zusammenarbeit entstand schlussendlich auch eine Publikation für die ESERA Conference in Helsinki. Vielen Dank für deine Geduld, Ehrlichkeit und den produktiven Austausch.

Außerdem möchte ich mich bei meiner langjährigen Freundin Victoria Petsch bedanken, die mich mehrfach in festgefahrenen Abschnitten während der Diplomarbeit neu motivieren konnte. Sie hat mir in jeder Phase des Studiums den Rücken gestärkt und konnte mir Kraft, seelischen Beistand und Unterstützung geben.

Danke.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	i
Danksagung.....	ii
Einleitung.....	1
Teil I Theoretische Grundlagen.....	5
1. Naturwissenschaftlicher Unterricht an europäischen Schulen.....	6
1.1. Relevanz von naturwissenschaftlicher Bildung.....	6
1.2. Situation der naturwissenschaftlichen Bildung in Europa.....	8
1.3. Ziele von naturwissenschaftlichem Unterricht in der Schule.....	13
2. Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht.....	16
2.1. Definition und Beschreibung von Forschendem Lernen.....	16
2.2. Ziele des Forschenden Lernens.....	18
2.3. Schritte des Forschenden Lernens.....	21
2.4. Level des Forschenden Lernens.....	24
2.5. Rolle von Lehrerinnen und Lehrern beim Forschenden Lernen.....	28
2.6. Forschendes Lernen in der fachdidaktischen Diskussion.....	31
3. Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht.....	36
3.1. Definition und Beschreibung von Experimenten.....	36
3.2. Rolle von Experimenten im Unterricht.....	37
3.3. Darstellung von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht.....	40
4. Unterrichtsgespräche zwischen LehrerInnen und SchülerInnen.....	44
4.1. Beschreibung des Dialogs im Unterricht.....	44
4.2. Verhaltensmuster im Gespräch.....	46
4.2.1. Initiatives Verhalten der Lehrperson im LSG.....	49
4.2.2. Reaktives Verhalten der Lehrperson im LSG.....	51
Teil II Empirische Untersuchung.....	57
5. Beschreibung des Kontexts der empirischen Untersuchung.....	58

5.1.	Darstellung des Forschungsfeldes	58
5.1.1.	Die Schule und ihr Umfeld.....	59
5.1.2.	Beschreibung der untersuchten Klassen.....	61
5.1.3.	Beschreibung des Unterrichtsablaufs	62
5.1.3.1.	Unterrichtseinheit zur Elektrolyse von Wasser	63
5.1.3.2.	Unterrichtseinheit zur Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs	66
5.1.3.3.	Stofftrennung eines Gemischs aus Sand, Salz und Sägespänen.....	71
5.2.	Beschreibung der Forschungsfrage	73
6.	Datenerhebungs- und Auswertungsmethoden	76
6.1.	Beschreibung der Datenerhebung	76
6.2.	Auswahl der Szenen.....	81
6.3.	Beschreibung von Videoanalysen.....	82
6.4.	Analyseansatz der Grounded Theory	86
7.	Ergebnisdarstellung und Interpretation	102
7.1.	Darstellungen der erarbeiteten Kategorien	102
7.1.1.	Negotiating Scientific Content	105
7.1.2.	Negotiating Experimental Activities.....	116
7.1.3.	Darstellung relevanter Sub-Kategorien.....	129
7.1.3.1.	Accelerating the Progress	130
7.1.3.2.	Amplifying the Topic.....	132
7.1.3.3.	Noting Time Limit	136
7.2.	Beantwortung der Forschungsfrage	138
7.3.	Interpretation, Diskussion und Implikation der Ergebnisse	143
8.	Methodenreflexion	147
9.	Fazit und Ausblick	150
	Literaturverzeichnis.....	154
	Abbildungsverzeichnis.....	165
	Tabellenverzeichnis	166
	Anhang.....	167

A1: Transkripte	167
A1.1: Transkript zur Elektrolyseeinheit.....	167
A1.2: Ausschnitt der Teilziele zur Elektrolyseeinheit.....	175
A1.3: Transkript zur Destillationseinheit	179
A1.4: Transkript zur Stofftrennungseinheit	188
A2: Zusammenfassung.....	194
A3: Abstract	196
A4: Lebenslauf	198

Einleitung

Naturwissenschaftliche Grundbildung spielt in der Gesellschaft eine immer bedeutendere Rolle. Gleichzeitig ist den Ergebnissen der PISA¹-Studie zu entnehmen (u.a. Schreiner & Schwantner, 2009), dass das Interesse und die Begeisterung für einige naturwissenschaftliche Fächer in der Schule, darunter Chemie, sinken. Des Weiteren lehnt der Großteil der Schülerinnen und Schüler eine spätere Beschäftigung im naturwissenschaftlichen Bereich strikt ab (Weiglhofer, Stadler & Lembens, 2009).

Allerdings nimmt naturwissenschaftliches Wissen in der heutigen Gesellschaft in Europa nicht nur Einfluss auf die Schule, sondern befähigt auch in weitem Maße gesellschafts- und politisch relevante Entscheidungen mit Begründung treffen zu können. Denn ein Grundverständnis naturwissenschaftlicher Themen kann nützlich sein, um Fehltritte und unbegründete Argumente zu erkennen und zu vermeiden (Eilks et al., 2004; Rocard et al., 2007). Bei der Partizipation am gesellschaftlichen Leben geht es nicht um die reine Reproduktion von Wissensinhalten, sondern diese bedingt einen gewissen Grad an naturwissenschaftlicher Grundbildung (Lembens, Weiglhofer & Stadler, 2013). Wissen ist in der heutigen Welt ein wichtiger Produktionsfaktor und spielt eine bedeutende Rolle für den wirtschaftlichen Erfolg Europas (Schreiner & Schwantner, 2009).

Laut einer Expertinnen- und Expertengruppe der Europäischen Kommission könnte eine Veränderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Schulen verhelfen, um eine Verbesserung der naturwissenschaftlichen Bildung zu bezwecken. Die Forscherinnen und Forscher sprechen gezielt die häufig auftretende Form von naturwissenschaftlichem Unterricht in den Schulen an, der meist an deduktiven und frontalen Mustern orientiert ist. Ein solcher Unterricht nimmt vielen Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit selbst

¹ Abkürzung für „Programme for International Student Assessment“. Die PISA-Studie wurde von der OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) initiiert und wird seit 2000 im Dreijahresrhythmus in den meisten Ländern der OECD durchgeführt, um internationale Schulleistungen fünfzehnjähriger Schülerinnen und Schüler zu erheben. Die PISA-Studie umfasst die Bereiche Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften, wobei in jedem Erhebungsjahr ein anderer Schwerpunkt gesetzt wird. Im Jahr 2006 wurden Leistungen in Naturwissenschaften schwerpunktmäßig erhoben. Siehe auch <http://www.pisa-austria.at> [24.10.2015]

naturwissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen und daran lernen zu können (Rocard et al., 2007).

Im Zusammenhang mit einer Veränderung der Unterrichtsmethode in naturwissenschaftlichen Fächern spielt der Unterrichtsansatz des Forschenden Lernens, auch Inquiry-Based Learning genannt, eine wichtige Rolle (Abrams, Southerland & Evans, 2008). Forschendes Lernen wird von Expertinnen und Experten als ein authentischer, induktiver und effektiver Ansatz betrachtet, um Schülerinnen und Schülern das Verständnis von naturwissenschaftlichen Inhalten näherzubringen (AAAS², 1989, 2000; NRC³, 1996, 2000). Forschendes Lernen tritt in unterschiedlichen Strukturierungsgraden in drei verschiedenen Bereichen auf und bezieht sich auf die unterschiedliche Eigenständigkeit im Arbeitsprozess der Schülerinnen und Schüler.

Der Ansatz des Forschenden Lernens soll den Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern zu mehr Eigenverantwortung der Schülerinnen und Schüler hinführen und den Fokus auf Verständnis und begründete Argumentation legen (Abrams et al., 2008). Forschendes Lernen ist mit lernschwächeren und lernstärkeren Schülerinnen und Schülern durchführbar und kann aufgrund der unterschiedlichen Anpassungsmöglichkeiten individuell förderlich sein (Rocard et al., 2007). Insbesondere Level 2 hat sich aufgrund der Balance aus Strukturierung und Offenheit als förderlich erwiesen (z. B. Scruggs & Mastropieri).

Einen wichtigen Teil des Unterrichts nach dem Forschenden Lernen machen Experimente aus. Experimente stellen Denk- und Arbeitsweisen naturwissenschaftlicher Forscherinnen und Forscher dar, anhand derer Beobachtungen und Ergebnisse erhoben werden können (Eilks et al., 2004). In diesem Zusammenhang können Experimente auch als Schlüssel zum Erkenntnisgewinn von Schülerinnen und Schülern betrachtet werden (Grafendorfer & Neureiter, 2009), die in einem passenden Umfeld aus Theorie eingebettet sein sollten, um daraus den erhofften Lerntrag erzielen zu können (Tesch, 2005).

² American Association for Advancement of Science

³ National Research Council

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Unterrichtseinheiten zu verschiedenen Themen, die nach dem Forschenden Lernen auf Level 1 und Level 2 ausgerichtet sind und geht intensiv auf die Verhandlungen zwischen der Lehrperson und den Schülerinnen und Schülern ein. Der videografierte und analysierte Unterricht fand in den Chemiestunden einer 8. Schulstufe in einer Inklusiven Wiener Mittelschule mit einer Lehrerin und verschiedenen Schülerinnen und Schülern statt.

Die Diplomarbeit ist in zwei Teile gegliedert, einen Teil über die theoretischen Grundlagen und einen Teil über die Darstellung der empirischen Untersuchung.

Am Beginn erfolgt eine Erläuterung der theoretischen Grundlagen, die einen allgemeinen Rahmen der Arbeit bilden und wichtige Begriffe erklären. Zunächst wird dabei auf die aktuelle Situation von naturwissenschaftlichem Unterricht eingegangen. Den Ausgangspunkt für diese Darstellung bilden die Ergebnisse der PISA Studie aus dem Jahr 2006, da hier der Schwerpunkt auf Naturwissenschaften lag. Infolgedessen erläutere ich die Relevanz naturwissenschaftlicher Bildung in der Schule und welchen Wert naturwissenschaftliche Bildung für Schülerinnen und Schüler in deren weiterem Leben haben könnte. Darauf anschließend stelle ich die Ziele von naturwissenschaftlichem Unterricht in der Schule dar und welcher Ansatz der Förderung von naturwissenschaftlichem Unterricht dienlich sein könnte.

Im Anschluss daran erfolgt die Darstellung des Unterrichtsansatzes des Forschenden Lernens, von dem ein positiver Einfluss auf den naturwissenschaftlichen Unterricht angestrebt wird. Dieser Abschnitt soll den Unterrichtsansatz intensiv beschreiben und geht auf unterschiedliche Anwendungsformen ein. Des Weiteren erfolgen in diesem Kapitel auch eine Illustration der Aufgaben von Lehrerinnen und Lehrern, sowie eine Diskussion über die unterschiedliche Betrachtung des Forschenden Lernens. Den nächsten Teil der theoretischen Abhandlung bildet eine Thematisierung von Experimenten im Unterricht, die auch beim Forschenden Lernen eine bedeutende Rolle spielen. Im Kapitel wird das Experiment dargestellt und erläutert, was unter einem Experiment zu verstehen ist und wie ein Experiment im Unterricht aussehen kann. Der abschließende Teil der theoretischen Grundlagen geht auf das LehrerInnen-SchülerInnen-Gespräch (LSG) ein, wo signifikante Erscheinungsmuster erläutert werden.

Im zweiten Teil dieser Arbeit werden die empirischen Untersuchungen dargestellt. Zunächst führe ich den Rahmen der Forschung an und stelle die Forschungsfragen dieser Abhandlung vor. Den Fokus der Diplomarbeit bildet die Frage, welche Ziele der Lehrerin und der Schülerinnen und Schüler während des Experimentierens im LSG erkennbar sind und wie diese Ziele verhandelt werden. Die Forschung erfolgt mittels der Analyse von auf Video aufgezeichneten und transkribierten Unterrichtseinheiten zu Level 1 und Level 2 des Forschenden Lernens. Das entstandene Datenmaterial wird mit dem Ansatz der Grounded Theory analysiert und interpretiert. Bei dem Untersuchungsansatz beziehe ich mich vor allem auf die Variante der Grounded Theory von Kathy Charmaz (2006). Die erzielten Ergebnisse sind anschließend dargestellt und werden in Bezug zur Forschungsfrage interpretiert.

Hier anschließend beginnt die theoretische Abhandlung. Ich wünsche Ihnen Freude und neuen Erkenntnisgewinn beim Lesen meiner Diplomarbeit.

Teil I

Theoretische Grundlagen

1. Naturwissenschaftlicher Unterricht an europäischen Schulen

Am Beginn dieses Abschnitts führe ich eine Darstellung über die Relevanz von naturwissenschaftlicher Grundbildung für die Gesellschaft an. Darauf folgend werde ich auf aktuelle Entwicklungen von naturwissenschaftlichem Unterricht in Schulen eingehen und auf Studien zurückgreifen, welche die Situation an vielen Schulen Europas in jüngster Vergangenheit untersuchten. Anschließend erfolgt eine Beschreibung der Ziele von naturwissenschaftlichem Unterricht in der Schule, sowie ein kurzer Verweis wie sich diese Ziele mit dem österreichischen Lehrplan der Allgemeinbildenden Höheren Schulen in Chemie vereinbaren lassen.

Der hier folgende Abschnitt soll die Wichtigkeit der naturwissenschaftlichen Grundbildung aufzeigen und anführen, weshalb diese Form der Bildung auch abseits von Schulen und naturwissenschaftlichen Berufen von Bedeutung ist.

1.1. Relevanz von naturwissenschaftlicher Bildung

Spätestens seit den Ergebnissen der ersten PISA-Studien und ähnlichen Studien, wie etwa TIMSS⁴, ist naturwissenschaftliche Bildung im medialen Interesse. Im Zuge dieser Diplomarbeit wird vorwiegend auf die Ergebnisse der PISA-Studie aus dem Jahr 2006 eingegangen, da bei dieser Erhebung der Fokus auf naturwissenschaftlichen Leistungen und Kompetenzen lag.

Wissen ist in der heutigen Gesellschaft ein immer wichtiger werdender Produktionsfaktor neben Arbeit, Kapital und Bodenschätzen. Der Erwerb von naturwissenschaftlichem Wissen, insbesondere auch die naturwissenschaftliche Grundbildung eines jeden Menschen, gewinnt für die Wettbewerbsfähigkeit und dem wirtschaftlichen Gesamterfolg Europas an Bedeutung (Schreiner & Schwantner, 2009). Adäquates

⁴ Trends in International Mathematics and Science Study

naturwissenschaftliches Verständnis ist für die Teilnahme an einer modernen Gesellschaft eine wichtige Voraussetzung. Etliche gesellschaftspolitische Entscheidungen, welche im Alltag getroffen werden müssen, benötigen ein gewisses Maß an naturwissenschaftlichem Verstehen. Es geht nicht um eine Reproduktion von Wissensinhalten, wie es häufig bei deduktiv orientiertem Unterricht verlangt wird, sondern naturwissenschaftliche Grundbildung geht über das Wiedergeben von Fakten und Informationen hinaus (Lembens et al., 2013).

Im internationalen Kontext wird von dem Begriff *Scientific Literacy* gesprochen, der auch im deutschen Sprachgebrauch üblich ist. *Scientific Literacy* kann mit „naturwissenschaftlicher Grundbildung“ übersetzt werden. Naturwissenschaftliche Grundbildung integriert Kulturtechniken, wie Lesen, Schreiben und Rechnen, die als nötig verstanden werden, um sich in der heutigen Gesellschaft zurechtzufinden (Lembens et al., 2013).

Das Konzept von *Scientific Literacy* wird von der *Organisation for Economic Co-operation and Development*, kurz OECD (2007), folgend beschrieben. Naturwissenschaftliche Grundbildung ist definiert als der Umfang, in welchem eine Person...

„... naturwissenschaftliches Wissen besitzt und dieses Wissen anwendet, um Fragestellungen zu identifizieren, neue Kenntnisse zu erwerben, naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären und aus Beweisen Schlussfolgerungen in Bezug auf naturwissenschaftliche Sachverhalte zu ziehen; die charakteristischen Eigenschaften der Naturwissenschaften als eine Form menschlichen Wissens und Forschens versteht; erkennt, wie Naturwissenschaften und Technologie unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umgebung prägen; sich mit naturwissenschaftlichen Themen und Ideen als reflektierender Bürger auseinandersetzt.“ (OECD, 2007, S. 13)

Bei *Scientific Literacy* geht es um das Verstehen von naturwissenschaftlichen Inhalten, um kulturell und gesellschaftlich relevante Entscheidungen zu treffen. Besonders wichtig ist die Fähigkeit naturwissenschaftliche Sachverhalte sinngemäß lesen und einordnen zu können. In Bezug zur Schule beschreibt das NRC, dass die ersten Lernjahre mitbestimmend für das weitere Leben im naturwissenschaftlichen Bereich sind und es wichtig ist bereits in jungen Jahren positive Erlebnisse mit Naturwissenschaften in der Schule zu haben (NRC, 1996).

Das Grundverständnis von Naturwissenschaft ist weitaus wichtiger und geht über Bewertungen in der Schule hinaus. Naturwissenschaftliche Grundbildung kann verhelfen Fehlurteile zu vermeiden und rationales Denken und Argumentieren zu stärken, um eine begründete gesellschaftspolitische Wahl treffen zu können (Eilks et al., 2004; Rocard et al., 2007).

Expertinnen und Experten der europäischen Kommission sind sich einig, dass Naturwissenschaften für den wirtschaftlichen Erfolg unumgänglich sind und der Bedarf an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vorhersehend gedeckt werden muss. Insofern spielt hier erneut die naturwissenschaftliche Bildung in der Schule eine wichtige Rolle (Rocard et al., 2007). Aktuelle Untersuchungen zu Folge, auch in Verbindung mit der PISA-Studie 2006, wurde ermittelt, dass die Schule bei der Thematisierung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten eine klare Monopolstellung in diesem Bereich hat (Weiglhofer et al., 2009).

Im nächsten Abschnitt erfolgt die Darstellung der Situation von naturwissenschaftlicher Bildung in Europa und zeigt, welche Gründe für ein tendenzielles Schwinden des Interesses an naturwissenschaftlichen Fächern ausschlaggebend sein könnten.

1.2. Situation der naturwissenschaftlichen Bildung in Europa

Einem Bericht einer Expertinnen- und Expertengruppe der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2007 (Rocard et al., 2007) ist zu entnehmen, dass Bürgerinnen und Bürger Europas der naturwissenschaftlichen Bildung immer mehr den Rücken kehren. Ergebnissen verschiedener Studien zu Folge schwindet das Interesse der nachwachsenden Generation an naturwissenschaftlichen Fächern und Mathematik verstärkt, trotz gezielter Projekte und Maßnahmen, die diesem Kurs entgegen arbeiten sollten (Rocard et al., 2007).

Der einsetzende Rückgang an der Belegung von naturwissenschaftlichen Fächern ist auf Hochschulebene bemerkbar. Immer weniger Studentinnen und Studenten entschließen

sich für Studiengänge in naturwissenschaftlichen Bereichen (Rocard et al., 2007). Besonders massiv ist dieser Verlust in Chemie und Physik (Eilks et al., 2004). Diese Angaben gehen aus OECD-Studien hervor (vgl. OECD, 2006), wobei der Rückgang an Studierenden sowohl im prozentuellen Vergleich mit anderen Studien, als auch in absoluten Zahlen an Studierenden aufgezeigt wird (Rocard et al., 2007). Neuste Erhebungen aus dem Jahr 2014/15 zeigen einen leichten Anstieg an Studentinnen und Studenten in Österreich, die naturwissenschaftliche Fächer belegt hatten (Statistik Austria, 2015).

Im Zuge der PISA-Studie aus dem Jahr 2006 wurde festgestellt, dass die befragten Schülerinnen und Schüler, abgesehen von Biologie, sich kaum für Naturwissenschaften in der Schule begeistern. In diesem Zusammenhang gaben 61% der Schülerinnen und 45% der Schüler an, nur geringes oder gar kein Interesse am Fach Chemie in der Schule zu haben. Des Weiteren wurde auch eine angedachte zukünftige berufliche Beschäftigung im naturwissenschaftlichen Bereich erhoben, wobei diese Überlegung von einer deutlichen Mehrheit (73%) der Schülerinnen und Schüler abgelehnt wurde. Die ROSE-Studie, Abkürzung für *Relevance of Science Education*, zeigt ähnliche Ergebnisse bezüglich des zukünftigen Berufswunsches (Sjøberg & Schreiner, 2010). Ausschlaggebend für diese eindeutige Haltung gegenüber einer Beschäftigung im naturwissenschaftlichen Gebiet könnten neben fehlender Begeisterung und mangelndem Interesse auch fehlende und falsche Informationen über diese Berufe sein (Weiglhofer et al., 2009).

Die Gründe für das auftretende Desinteresse sind mitunter sehr komplex. Einen Anteil trägt auch der naturwissenschaftliche Unterricht in den Schulen bei. Im Bericht der Europäischen Kommission (Rocard et al., 2007) wird naturwissenschaftlicher Unterricht als „nicht ausreichend attraktiv“ beschrieben. Unterricht, wie er in vielen Ländern Europas durchgeführt wird, scheint die natürliche Neugier von Schülerinnen und Schülern zu ersticken und könnte eine negative Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern bewirken. Die anfängliche Neugier in jungem Alter könnte hingegen mit positiven Erlebnissen mit Naturwissenschaften in jungen Lernjahren gekoppelt werden, um so eine langfristige Begeisterung für Naturwissenschaften ermöglichen und fördern zu können (Rocard et al., 2007). Eilks et al. (2004) fanden heraus, dass bereits im Kindergartenalter eine Begeisterung für Naturwissenschaften beobachtet werden kann. Danach findet eine

Zunahme an definiertem Desinteresse statt, die einen Höhepunkt in der Sekundarstufe 1 hat, wo erste Vorentscheidungen für die Berufswahl getroffen werden. Allerdings bildet das Interesse eine wichtige kognitive und emotional-affektive Bedingung für den Lernprozess. Ohne Interesse ist qualitatives und gesteuertes Lernen schwer umzusetzen (Eilks et al., 2004). Den Expertinnen und Experten zu Folge könnte eine frühzeitliche positive Beschäftigung mit Naturwissenschaften gegen ein geschlechterspezifisches Muster wirken (Rocard et al., 2007).

Im Allgemeinen können zwei grundlegende Arten von naturwissenschaftlichem Unterricht unterschieden werden. Zum einen wird der Unterricht nach deduktiven Aspekten gestaltet. Diese Form rückt vor allem den Lehrer oder die Lehrerin in den Mittelpunkt des Geschehens, wobei die Lehrperson auch Konzepte, Auswirkungen und Anwendungsbeispiele anführt. Dabei erschwert der Umgang mit abstrakten Begriffen das Begreifen des Sachverhaltes von Schülerinnen und Schülern. Dem gegenüber stehen induktive Unterrichtsansätze, bei welchen mehr Freiraum für Beobachtungen und Interpretationen von Experimenten zur Verfügung gestellt wird. Diese Art von Unterricht wird wesentlich durch Schülerinnen und Schüler mitbestimmt. Der Lehrer oder die Lehrerin leitet den Unterricht und verhilft seinen oder ihren Schülerinnen und Schülern beim Aufbau von Wissen. Europaweit wird vorwiegend nach deduktiven Mustern gelehrt (Rocard et al., 2007).

Die Gründe für einen überwiegenden deduktiven oder frontal orientierten Unterricht sind vielfältig. Die Forschungsgruppe der Europäischen Kommission fand heraus, dass sich vor allem Grundschullehrerinnen und Grundschullehrer in vielen dieser Bereiche nicht ausreichend sicher fühlen und daher den Unterricht frontal und lehrerdominiert gestalten. Ein weiterer Grund für vermehrt deduktive Unterrichtsformen ist die fehlende Zeit für Experimente im Unterricht. Es gibt kaum Zeit um auf die Beobachtung und Interpretation von Experimenten und deren Bedeutung einzugehen (Rocard et al., 2007). Mit einer deduktiven Unterrichtsform fehlt die Möglichkeit, dass Schülerinnen und Schüler selbst untersuchend und naturwissenschaftlich arbeiten und daran lernen können. Im Kontext eines ausschließlichen Frontalunterrichts beispielsweise steht das Verstehen bestimmter Sachverhalte von Schülerinnen und Schülern nicht im Fokus, sondern fördert eher

faktenbasiertes Auswendiglernen. Dadurch erscheint der Unterricht für Schülerinnen und Schüler zu abstrakt und schwierig und wirkt in dessen Folge dem Verstehen entgegen (Rocard et al., 2007). Die häufige Reaktion auf diese Unterrichtspraxis geht mit einem eng abgegrenzten Wissenserwerb für Prüfungen einher. Unter diesem Licht sind für viele Schülerinnen und Schüler nur jene Lerninhalte wichtig, welche abgeprüft werden, alle anderen Sachverhalte werden als nicht wertvoll genug betrachtet, um gelernt zu werden. Nur selten erfolgt in diesem Zusammenhang eine intensive Beschäftigung mit dem Thema. Beim Abprüfen handelt es sich meist um eingeeengte Wissensgebiete, bei welchen die Reproduktion des Gelernten und im Unterricht gehörten im Vordergrund steht und kaum auf höherem kognitiven Niveau thematisiert wird (Weiglhofer et al., 2009).

In Österreich ist die allgemeine Häufigkeit von Experimenten im Unterricht mit den erhobenen europäischen Daten vergleichbar. Allerdings finden an österreichischen Schulen seltener Experimente mit naturwissenschaftlicher Herangehensweise statt, um Phänomene und Fragestellungen zu bearbeiten. Im Zuge der PISA-Studie 2006 wurde ermittelt, dass in Österreichs Schulen der Unterricht weniger oft mit Experimenten gestaltet wird im Vergleich zu beispielsweise einer fragend-entwickelnden Unterrichtsform. Es dominieren Experimente von Lehrerinnen und Lehrern zu Demonstrationszwecken. Nur besonders selten finden Experimente statt, die von Schülerinnen und Schülern selbst durchgeführt werden (Grafendorfer & Neureiter, 2009; Weiglhofer et al., 2009). Fehlende Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht werden durch die Befragung von Schülerinnen und Schülern deutlich. Etwa zwei Drittel der befragten Schülerinnen und Schüler gaben an, nie oder fast nie eigene Experimente zu entwickeln. Ähnlich viele Befragte (59%) äußerten sich, dass sie nie oder fast nie die Möglichkeit bekamen, eigene Untersuchungen zu wählen und durchzuführen, um eigene Überlegungen überprüfen zu können (Weiglhofer et al., 2009). Eine hauptsächlich unselbstständige Auseinandersetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere mit Experimenten, kann ein weiterer Aspekt sein, der zu Desinteresse an Naturwissenschaften außerhalb bzw. nach der Schule führt. Es gab nahezu die Hälfte der Schülerinnen und Schüler an, nie oder fast nie Internetseiten mit naturwissenschaftlichen Themen aufzurufen. Schülerinnen und Schüler sagten aus, nie oder fast nie naturwissenschaftliche Fernsehsendungen zu sehen (Mädchen 33%; Burschen 23%). Ein

Drittel der Schülerinnen und Schüler äußerte sich, keine naturwissenschaftlichen Artikel oder Zeitungen zu lesen (Weiglhofer et al., 2009). Insofern ist zu erkennen, dass es kaum eine Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten in der Freizeit gibt.

Es ist zu beachten, dass fehlender experiment-orientierter Unterricht nicht ausschließlich auf die Verantwortung von Lehrerinnen und Lehrern zurückzuführen ist. Neben dem Willen und Engagement der Lehrpersonen spielen ökonomische Faktoren, wie beispielsweise geeignete Räumlichkeiten und Ausstattungen eine wichtige Rolle. Weiters ist der vorgegebene zeitliche Rahmen einer Unterrichtseinheit mitverantwortlich für das seltene Auftreten von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht. Oftmals ist diese äußerlich begrenzte Zeitvorgabe schlichtweg nicht ausreichend, um Experimente, sowie dazugehörige Vor- und Nachbereitungsphasen schülerinnen- und schülerorientiert zu gestalten und passend in den Unterricht einzubetten. In manchen Ländern der OECD gibt es hierzu zusätzliches Personal, welches beim Experimentieren im Unterricht unterstützend tätig ist (Weiglhofer et al., 2009). In Österreich ist das derzeit nicht der Fall. Studien über deutsche Schülerinnen und Schüler zufolge, erfahren sie im Unterricht häufig fehlendes Autonomieerleben, fehlende Rückmeldung über den Lernfortschritt, fehlende Strukturiertheit des Unterrichts und fehlendes Kompetenzerleben. Diese vier Aspekte können in weiterer Folge das Desinteresse an naturwissenschaftlichen Fächern stärken (Eilks et al., 2004; Deci & Ryan, 1993).

Die Expertinnen- und Expertengruppe der Europäischen Kommission befürchtet durch die eben genannten Punkte, dass der Erwerb von wichtigen naturwissenschaftlichen Kenntnissen in Gefahr ist und Europa dadurch langfristig seine Innovationsfähigkeit und Qualität der Forschung verlieren könnte (Rocard et al., 2007).

Im nächsten Abschnitt stehen die Ziele von naturwissenschaftlichem Unterricht im Fokus. Im anschließenden Abschnitt nehme ich Bezug zum aktuellen Fachlehrplan Chemie der neuen Mittelschule in Österreich, welcher ident mit dem Lehrplan der AHS Unterstufe ist⁵,

⁵ Siehe Bundesministerium für Bildung und Frauen, online unter: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_nms.html [24.11.2015].

und zeige deren Verbindung zur Art und Weise, wie Naturwissenschaften in den Bildungseinrichtungen für Jugendliche gelehrt werden.

1.3. Ziele von naturwissenschaftlichem Unterricht in der Schule

In diesem Unterkapitel gehe ich auf die angestrebten Ziele im Unterricht von naturwissenschaftlichen Fächern näher ein und werde allgemein den Anspruch von naturwissenschaftlichem Unterricht erläutern. Des Weiteren möchte ich eine Beziehung zum Lehrplan der Unterstufe in österreichischen Allgemeinbildenden Höheren Schulen herstellen und erörtern, wie diese Lehrplanziele umgesetzt werden könnten.

Zu Beginn dieses Abschnitts möchte ich festhalten, dass naturwissenschaftlicher Unterricht sich an alle Schülerinnen und Schüler richten soll, damit sie die Möglichkeit haben ein hohes Niveau an naturwissenschaftlicher Bildung zu erhalten. Besonders hervorzuheben ist hierbei, dass es sich beim Lernen um einen aktiven Prozess handelt, der von den Schülerinnen und Schülern und keinesfalls nur mit ihnen gestaltet wird. Allen Schülerinnen und Schülern soll ermöglicht werden, sich in Zukunft mit begründeter Meinung an gesellschaftspolitischen Angelegenheiten zu beteiligen (NRC, 1996). Weiters sollte ein primäres Ziel des Unterrichts das Verstehen und Wissen naturwissenschaftlicher Sachverhalte sein. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass es für das Verstehen von Sachverhalten für Schülerinnen und Schüler relevant ist, dass sie das Verstandene auch als relevant erachten und für richtig halten. Unterricht soll darauf abzielen Schülerinnen und Schülern das Entdecken eines Phänomens zu ermöglichen und dessen Verstehen zu begünstigen. Andererseits könnte die reine Reproduktion von Fakten die Folge sein (Smith & Siegel, 2004).

Die Forschungsgruppe der Europäischen Kommission empfiehlt in diesem Zusammenhang einen problembasierten und induktiven Unterricht als alternativen Weg zu rein faktenbasiertem und abstraktem Unterricht, wodurch theoretische und praktische Inhalte

gemischt werden sollen. Es ist möglich mit einem solchen Ansatz durch Gruppenarbeiten und offene Fragestellungen die Teamfähigkeit und Eigenständigkeit der Schülerinnen und Schüler in Gruppen zu fördern, sowie Bezüge zwischen dem alltäglichen Leben und naturwissenschaftlichen Inhalten herzustellen (Eilks et al., 2004; Rocard et al., 2007).

Ein induktiver Ansatz bietet sich als alternative und abwechslungsreiche Erweiterung z. B. zum Frontalunterricht an, um die Ziele von naturwissenschaftlicher Grundbildung in der Schule zu erfüllen (Weiglhofer et al., 2009). Förderlich für die Steigerung der Begeisterung an naturwissenschaftlichen Bereichen erscheinen selbstgesteuertes Lernen, Gesellschafts- und Zukunftsrelevanz, sowie sinnstiftende Themen für Schülerinnen und Schüler (Eilks et al., 2004). Induktiver Unterricht könnte außerdem die Motivation der Lehrerinnen und Lehrer erhöhen. Der Bericht der Europäischen Kommission zeigt, dass ein induktiver Ansatz besonders bei Schülerinnen und Schülern erfolgreich wirken könnte, wo deduktiver Unterricht nicht gewinnbringend war. Induktiver Unterricht eignet sich, um das Selbstbewusstsein der Schülerinnen und Schüler beim Lernen zu erhöhen und einen integrativen Anspruch im Unterricht zu verfolgen, da differente Lerntypen angesprochen werden (Rocard et al., 2007). Schülerinnen und Schüler sollen mit induktivem Unterricht lernen Objekte und Phänomene zu beschreiben, Fragen an die Natur zu stellen, sowie Wissen anzuwenden und Erklärungen zu konstruieren, um die Ergebnisse mit anderen Schülerinnen und Schülern im Klassenverband zu besprechen. Die Verbindung zwischen dem Unterricht und der Welt der Schülerinnen und Schüler stellt einen wichtigen Aspekt dar (NRC, 1996).

Abschließend ist zu sagen, dass sich deduktive und induktive Unterrichtsansätze nicht ausschließen, sondern durch eine Kombination beider Ansätze unterschiedliche Denkart und Altersgruppen von Schülerinnen und Schülern angesprochen werden können (Rocard et al., 2007).

Der Lehrplan für das Fach Chemie beinhaltet die vorgegebenen Ziele und Vorstellungen von VertreterInnen des österreichischen Ministeriums für Bildung und Frauen (BMBF). Im Kontext zur Art und Weise des Unterrichts ist im österreichischen Lehrplan der AHS-

Unterstufe⁶ für Chemie in der Sekundarstufe I und II vermerkt, dass sich der Unterricht an der Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler orientieren soll und ein induktiver Weg zum Erkenntnisgewinn anzustreben ist. In diesem Bereich sind auch Experimente einzugliedern, welche von den Schülerinnen und Schülern selbst durchgeführt werden und ihnen in den Bereichen „Suchen, Forschen und Entdecken“ genügend Zeit für Selbstständigkeit zur Verfügung geben. Zusätzlich sollten diese Aspekte mit sozialen Lernformen der Partner- und Gruppenarbeit kombiniert werden, um das kooperative Lernen in naturwissenschaftlichen Bereichen zu forcieren. Im Lehrplan der AHS Unterstufe ist verankert, dass durch ein chemisch-naturwissenschaftliches Grundwissen die Möglichkeit gegeben wird, zukunftsentscheidende und moralische Diskussionsfragen beantworten zu können. Eine kritische Auseinandersetzung in diesem Bereich ermöglicht eine Behandlung von technikfeindlichen und unwissenschaftlichen Vorurteilen, um die Denkweise des heutigen Weltbildes zu verstehen (BMBF, 2012). *„Ferner soll der Chemieunterricht im Sinne der Persönlichkeitsentwicklung das Bewusstsein für Eigenverantwortung fördern und zu mündigem Freizeit- und Konsumverhalten führen“* (BMBF, 2012, S. 1). Es werden vor allem Kompetenzen wie Teamfähigkeit, Kommunikations- und Problemlösefähigkeit angeführt (BMBF, 2012).

Neben dem Bundesministerium für Bildung und Frauen in Österreich empfehlen auch Rocard et al. (2007) einen untersuchenden Ansatz bei der Durchführung von naturwissenschaftlichem Unterricht. In der Erhebung wurde ermittelt, dass dieser Ansatz ebenso bei vielen Lehrerinnen und Lehrern Zuspruch findet, jedoch, wie bereits weiter oben beschrieben, kaum durchgeführt wird. Ein möglicher Grund dafür liegt in der Befürchtung von Lehrkräften, dass die Unterrichtsgestaltung zu zeitintensiv und nicht mit dem Lehrplan vereinbar ist (Rocard et al., 2007).

Im nachstehenden Kapitel erfolgt die Beschreibung eines induktiven Unterrichtsansatzes, dem des Forschenden Lernens, und geht auf dessen Vor- und auch Nachteile ein.

⁶ https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs6_780.pdf?4dzgm2 [15.9.2015].

2. Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Dieses Kapitel bildet den Hauptteil der theoretischen Abhandlung und stellt den Unterrichtsansatz des Forschenden Lernens dar. Der Abschnitt setzt sich aus sechs Punkten zusammen. Am Beginn erfolgen eine Beschreibung und eine Thematisierung der Definition dieses Ansatzes, sowie der Ziele, die mit diesem Ansatz angestrebt werden. Anschließend wird in dieser Abhandlung der Ablauf des Forschenden Lernens im Unterricht mithilfe eines Forschungszyklus erläutert. Fortsetzend stehen die unterschiedlichen Level dieses Unterrichtsansatzes im Fokus. In diesem Teil wird darauf eingegangen, in welcher Weise und Form sich Forschendes Lernen im Unterricht verwirklichen lässt. Anschließend folgt ein Abschnitt über Aufgaben und Herausforderungen, vor die Lehrerinnen und Lehrer in der Unterrichtssituation gestellt sind, um Schülerinnen und Schülern beim Lernen zu unterstützen. Das Ende dieses Kapitels bildet eine Diskussion wissenschaftlicher Studien, welche die Vor- und Nachteile Forschenden Lernens thematisieren.

2.1. Definition und Beschreibung von Forschendem Lernen

Der Ansatz des Forschenden Lernens, englisch auch *Inquiry-Based Learning* oder kurz *Inquiry* genannt, spielt in der Diskussion um naturwissenschaftliche Bildung eine wichtige Rolle (Abrams et al., 2008). Forschendes Lernen wird in der Diskussion als authentischer, wichtiger und effektiver Weg für Schülerinnen und Schüler zum Verstehen und Erlernen von naturwissenschaftlichen Sachverhalten betrachtet (AAAS, 1989, 2000; NRC, 1996, 2000) und könnte in diesem Sinn auch für das zukünftige Leben von Schülerinnen und Schülern nützlich sein (Abrams et al., 2008).

Ein häufig angesprochenes Problem ist das Fehlen einer klaren und einheitlichen Definition von Forschendem Lernen in der Klasse und wie es in der Klasse angewendet werden kann. Ein Grund für diese Problematik könnte das mannigfaltige Auftreten von Inquiry im Unterricht sein (Abrams et al., 2008). Anderson (2007, S. 808, zit. nach Abrams et al., 2008,

S. XII) schreibt zu diesem Punkt: *„if [inquiry] is to continue to be useful we will have to press for clarity when the word enters a conversation and not assume we know the intended meaning“*. Naturwissenschaftsdidaktikerinnen und Naturwissenschaftsdidaktiker sehen in der Definition dieses Ansatzes einen wichtigen Anspruch, um Ungewissheiten vorab vermeiden und Klarheit herstellen zu können.

Abrams et al. (2008) setzen in diesem Zusammenhang fort und meinen, dass es aufgrund des Facettenreichtums des Begriffs eine Definition nahezu unmöglich erscheint, da Inquiry auch auf verschiedene Arten Anwendung findet. Folglich könnte eine einheitliche Definition Forschendes Lernen limitieren, sodass nur die Vorstellungen des Ansatzes von einigen Wenigen in die Definition integriert werden. Die Autorinnen- und Autorengruppe lässt daher eine Definition von Inquiry offen, damit der Ansatz flexibel angepasst werden kann (Abrams et al., 2008). *„Inquiry in the classroom can be conceived as a complex set of ideas, beliefs, skills, and/or pedagogies“* (Abrams et al., 2008, S. XV). Im Sinne dieser Vielfältigkeit an Ideen und Anwendungen wird Forschendes Lernen im Unterricht meist als Prozess beschrieben, bei welchem Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Inhalte bearbeiten, um von der und über die Welt zu lernen (Abrams et al., 2008).

Im National Research Council (1996, S. 23) werden die Merkmale von Forschendem Lernen beschrieben, um eine Vorstellung über die Erscheinungsformen dieses Ansatzes darzustellen:

„Scientific inquiry refers to the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work. Inquiry also refers to the activities of students in which they develop knowledge and understanding of scientific ideas, as well as an understanding of how scientists study the natural world“ (NRC, 1996, S. 23).

Forschendes Lernen bezieht sich nach der Beschreibung des NRC (1996) auf die Arbeit von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern, wie diese die Welt studieren und aufgrund von erhobenen Daten Erklärungen geben. Des Weiteren soll der Ansatz des Forschenden Lernens Schülerinnen und Schülern die Entwicklung von naturwissenschaftlichem Wissen und dem Verstehen von naturwissenschaftlichen Erklärungen und Ideen nahe bringen, damit Schülerinnen und Schüler ein Verständnis erlangen, wie Forscherinnen und Forscher im naturwissenschaftlichen Bereich arbeiten.

Schülerinnen und Schüler sollen beim Forschenden Lernen Naturwissenschaften aktiv und aus erster Hand erleben (NRC, 1996, 2000). Naturwissenschaftliche Wissensinhalte sollen im Labor fragengeleitet anhand von Beobachtungen und Experimenten erlernt und anhand von begründeten Erklärungen, beispielsweise wie Abläufe in der Welt geschehen, verstanden werden (Bybee, 2004; Schwab, 1962, zit. nach Abrams et al., 2008). Hofstein und Lunetta (2004) vermerken in dieser Hinsicht, dass es durch den Ansatz von Inquiry möglich für Schülerinnen und Schüler wird, den „Geist der Naturwissenschaft“, den *Spirit of science*, (Hofstein & Lunetta, 2004, S. 30) zu entdecken und zu erkennen.

2.2. Ziele des Forschenden Lernens

In diesem Abschnitt werden Ziele des Forschenden Lernens dargestellt und detailliert erläutert.

Abrams et al. (2008) deklarieren anhand der Vorstellung über Forschendes Lernen drei wesentliche Ziele:

- *Learning about Inquiry*
- *Learning to inquire*
- *Learning Scientific Knowledge/Content*

Diese Ziele werden im folgenden Absatz genauer dargelegt.

Learning about Inquiry bezieht sich auf den erforschenden Prozess dieses Ansatzes. Schülerinnen und Schüler sollen die Welt studieren, wie es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler tun und lernen aufgrund von, in der Forschung gewonnen, Hinweisen Erklärungen über natürliche Phänomene zu geben. Learning to inquire beschreibt die Befähigung der Schülerinnen und Schüler am Inquiry Prozess teilnehmen zu können, um die Erscheinungen der Natur zu enthüllen (Abrams et al., 2008). In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass Schülerinnen und Schüler Beobachtungen machen, Fragen formulieren, Bücher und andere Quellen nach Informationen durchsuchen, Untersuchungen planen, Daten erheben und analysieren und ihre Resultate darstellen und diskutieren (NRC, 1996).

Learning Scientific Knowledge/ Content ist nach Abrams et al. (2008) getrennt von den ersten beiden Zielen zu betrachten. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf dem Erlernen von naturwissenschaftlichen Inhalten. Lehrerinnen und Lehrer befürchten oft, dass das Lernen fachlicher Inhalte beim Forschenden Lernen ausbleiben könnte (Abrams et al., 2008). Bransford, Brown und Cocking (2000, zit. nach Abrams et al., 2008) geben an, dass sich ein induktiver Weg beim Aufbauen von bedeutungsvollem, aufrufbarem und anwendbarem Wissen eignet. Colburn (2000a) gibt an, dass sich zum Lernen von Inhalten besonders jene eignen, die auf beobachtbaren Themen basieren.

Der Ansatz des Forschenden Lernens kann eingesetzt werden, um die Zusammenarbeit im außerschulischen Bereich mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Forscherinnen und Forschern oder Vereinen und Eltern zu fördern, damit Schülerinnen und Schüler Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen machen können (Rocard et al., 2007).

Forschendes Lernen soll von traditionellem Unterricht zu mehr Eigenverantwortung der Schülerinnen und Schüler leiten, wo der Fokus auf dem Konstruieren von begründeten Erklärungen liegt und diese in der Klasse überprüft und diskutiert werden. Dieser Unterrichtsansatz soll Schülerinnen und Schülern ermöglichen sich in die Arbeit mit Naturwissenschaften zu integrieren und sich diese Art des Denkens, Tuns und Wissen anzueignen (Abrams et al., 2008).

Die Länge einer Unterrichtseinheit nach Forschendem Lernen variiert und kann von einer einstündigen Einheit bis hin zu längeren, teilweise über das gesamte Semester, andauernden Laboreinheiten führen. Der Einsatz von Inquiry Stunden ist abhängig von der verfügbaren Zeit, den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, den Themen und den verfügbaren Materialien (Abrams et al., 2008). Forschendes Lernen tritt mit unterschiedlichen Anforderungsniveaus, Aufgaben und Komplexität auf (Abels, 2012). Schülerinnen und Schülern soll es mit dem Ansatz des Forschenden Lernens ermöglicht werden, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, wie das Aufstellen von Hypothesen und Planen von Versuchen, selbstständig kennenzulernen und anzuwenden (Puddu & Koliander, 2013).

Hofstein, Navon, Kipnis und Mamlok-Naaman (2005) ermittelten in ihrer Studie, dass Forschendes Lernen das Potential hat sinnerfassendes Lernen, konzeptuelles Verständnis und naturwissenschaftliches Verstehen zu ermöglichen. Durch den Einsatz von Inquiry konnten Schülerinnen und Schüler mehr und höher einzuordnende Fragen stellen als Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe. Die Autorinnen und Autoren verstanden unter höher einzuordnenden Fragen jene, die nur mit weiterer Untersuchung beantwortet werden konnten. Des Weiteren ergab sich, dass die Untersuchungsgruppe des Forschenden Lernens motivierter und aufmerksamer Fragen an naturwissenschaftliche Phänomene stellen konnte. Hofstein et al. (2005) sprechen sich dafür aus, dass Schülerinnen und Schüler mehr Verständnis von naturwissenschaftlichen Inhalten erhalten, wenn sie wenige Themen intensiv und gründlich behandeln, wie beispielsweise beim Forschenden Lernen, als eine große Anzahl an Themen unreflektiert und oberflächlich abgehandelt werden.

Forschendes Lernen kann die Motivation und Interesse von Lehrerinnen und Lehrern stärken und so zu einer Steigerung der Qualität des Unterrichts führen (Rocard et al., 2007). Des Weiteren eignet sich der Ansatz des Forschenden Lernens sowohl bei lernschwächeren als auch bei lernstärkeren Schülerinnen und Schülern in verschiedenen Leistungsniveaus und ist auch mit dem Streben nach Bestleistungen kombinierbar (Blanchard et al., 2010; Rocard et al., 2007).

Forschendes Lernen benötigt für eine passende Anwendung von Schülerinnen und Schülern adäquates Vorwissen, damit Untersuchungen aufgestellt und Erklärungen entwickelt werden können. Das Vorwissen spielt daher eine wichtige Rolle und wirkt als eine Art Filter für Erklärungen. Durch das Fehlen von Vorwissen kann das Durchlaufen des Forschenden Lernens limitiert werden (NRC, 1996).

Bei passend gewähltem Anforderungsniveau eignet sich Forschendes Lernen die unter anderem von der Europäischen Kommission erhofften Ziele von naturwissenschaftlichem Unterricht umzusetzen.

Im nächsten Abschnitt erfolgt die Thematisierung der Schritte des Forschenden Lernens. Ein möglicher Weg Forschendes Lernen zu durchlaufen kann anhand eines Forschungszyklus, der unterschiedliche Untersuchungsphasen abbildet, dargestellt werden.

2.3. Schritte des Forschenden Lernens

Forschendes Lernen und Forschung schöpfen aus einer gemeinsamen Quelle und „*werden von der Triebkraft in Gang gesetzt und gehalten, neues Wissen zu generieren, dessen Hervorbringung durch theoretisch und methodisch geleitete Erkenntnisvorgänge gesteuert wird*“ (Wildt, 2009, S. 4). Wie bereits nach dem NRC (1996) beschrieben, soll Inquiry von Schülerinnen und Schülern im Unterricht der Arbeit von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern in den durchlaufenden Schritten ähnlich sein. Abrams et al. (2008,) setzen fort, dass Schülerinnen und Schüler natürliche und experimentelle Phänomene beobachten und aufzeichnen sollen, um im Anschluss Fragen zu formulieren. Durch das konstruieren von Experimenten, deren Analyse und Auswertung sollen Schülerinnen und Schüler Erklärungen finden und präsentieren.

Eine Möglichkeit die einzelnen Schritte Forschendes Lernens durchzuführen wird durch einen so genannten Forschungszyklus metaphorisch erläutert. Ein idealisierter Forschungszyklus (s. Abb. 1) stellt den Ablauf der Phasen des Forschenden Lernens bildhaft dar (Abels, Lautner & Lembens, 2014a; Abels, 2015b). Der abgebildete Forschungszyklus wird als ideal beschrieben. Bei einer realistischen Durchführung können auch Irr- und Umwege, oder Rückschritte beim Forschen erlebt werden.

Schritte Forschenden Lernens

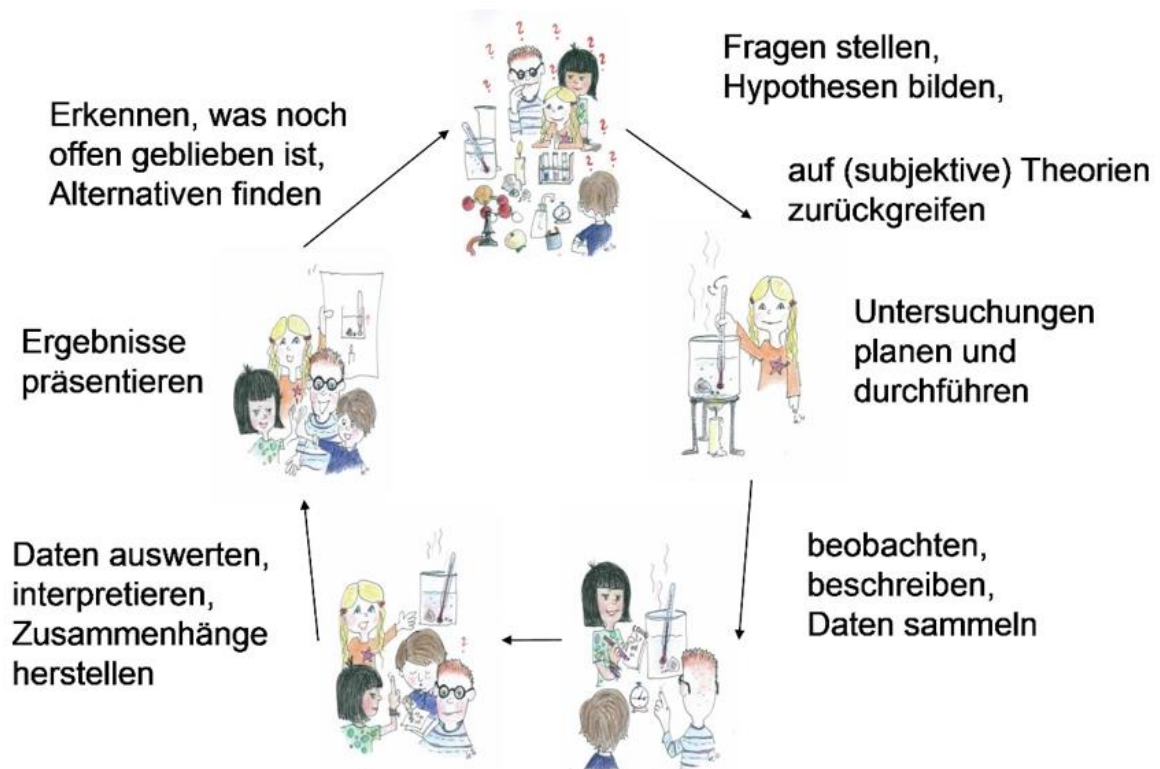


Abbildung 1: Ein idealisierter Forschungszyklus (gezeichnet von Reinhart Sellner) (Abels et al., 2014a, S. 20)

In enger Anlehnung an den Forschungszyklus sind dem NRC (2000) nach fünf Kompetenzen zu entnehmen, welche Schülerinnen und Schüler erlernen und einsetzen sollen, um Inquiry in der Klasse in unterschiedlicher Eigenverantwortung anwenden zu können:

- Beteiligung an naturwissenschaftlich-orientierten Fragen
- Daten bezüglich der Fragen erheben
- Erklärungen aufgrund der Daten formulieren
- Erklärung mit bestehendem naturwissenschaftlichem Wissen verknüpfen
- Erklärung diskutieren und rechtfertigen

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte dieses Forschungszyklus beschrieben:

- *Fragen stellen, Hypothesen bilden:* Ein möglicher Beginn beim Forschenden Lernen ist das Überlegen einer passenden Fragestellung mit anschließender Hypothese. Schülerinnen und Schüler sollen dazu anhand von Experimenten, natürlichen

Phänomenen oder Materialien angeregt werden und ein für sie selbst spannendes Thema finden.

- *Untersuchungen planen und durchführen:* Anschließend sollen Schülerinnen und Schüler eine zur Frage passende Untersuchung designen, mit der es ihnen gelingt die Frage zu beantworten und die Hypothese zu überprüfen.
- *Beobachten, beschreiben, Daten sammeln:* Ein erstelltes Experiment wird von Schülerinnen und Schülern genau beobachtet und beschrieben. Die daraus gewonnen Ergebnisse werden gesammelt, um sie im weiteren Verlauf des Zyklus interpretieren zu können.
- *Daten auswerten, interpretieren, Zusammenhänge herstellen:* Die erhobenen Daten werden ausgewertet und mit Vorwissen verknüpft. Es kann beispielsweise zuerst alleine interpretiert werden, worauf ein Austausch mit einer Reflexion der fachlichen Konzepte in Gruppen oder der Klasse folgen könnte.
- *Ergebnisse präsentieren:* Die Präsentation der Resultate im Plenum stellt einen wichtigen Bestandteil dar. Schülerinnen und Schüler tragen ihre Ergebnisse in einer Diskussion vor und erhalten öffentliches und kritisches Feedback. Sie sollen ihre Ergebnisse begründet darstellen, argumentieren und verteidigen können.
- *Erkennen, was noch offen geblieben ist, Alternativen finden:* In dieser Phase wird der bisherige Forschungszyklus reflektiert und besprochen, um beispielsweise alternative Untersuchungsmethoden zur Fragestellung zu finden. Daraus können sich auch Anregungen für neue Fragen bilden, um einen weiteren Forschungszyklus zu durchlaufen (vgl. NRC, 1996; Puddu, & Koliander, 2013).

Die zu erwerbenden und erwähnten Kompetenzen sind als Schritte des Forschungszyklus zu verstehen. Diese müssen von Schülerinnen und Schülern erst schrittweise erworben und mit Hilfe der Lehrkraft sukzessive entwickelt werden, damit sie vom Ansatz des Forschenden Lernens nicht überfordert werden. Einer realistischen Einschätzung nach verläuft die Forschung beim Inquiry nicht linear, sondern kann auch Um-, Rück- oder Irrwege beinhalten (Abels et al., 2014a). An der Darstellung des Forschungszyklus (s. Abb. 1) ist ersichtlich, dass es keinen einheitlichen Startpunkt gibt und der Zyklus mehrfach durchlaufen werden kann. So können neu aufgekommene Fragen während der Forschung zur Adaption der Untersuchungsmethode oder der Fragestellung führen.

Anhand der angesprochenen Kompetenzen des Forschungszyklus sind in weiterer Folge die Levels des Forschenden Lernens abgeleitet. Anschließend erfolgt die Thematisierung der Level des Forschenden Lernens, damit bezüglich der Voraussetzung und Komplexität der Schülerinnen und Schüler „eine angemessene Balance zwischen Strukturierung und Selbststeuerung“ gefunden werden kann (Puddu & Koliander, 2013, S. 28).

2.4. Level des Forschenden Lernens

Forschendes Lernen lässt sich in unterschiedlichen Formen im Unterricht anwenden. Schwab (1962, zit. nach Blanchard et al., 2010) und Colburn (2000a) arbeiteten zum Forschenden Lernen eine mehrstufige Skala mit drei Merkmalen beziehungsweise wesentlichen Schritten des Forschenden Lernens (s. Tab. 1) aus, welche die Verantwortung der Forschung zwischen Lernenden und Lehrpersonen unterschiedlich aufteilt (Abrams et al., 2008). Die abgebildete Tabelle orientiert sich nach den Vorstellungen von Colburn (2000a) und aus in vier Stufen aufgebaut.

	Fragestellung	Untersuchungsdesign	Ergebnisinterpretation
Level 0 (bestätigend)	durch LehrerIn	durch LehrerIn	durch LehrerIn
Level 1 (strukturiert)	durch LehrerIn	durch LehrerIn	offen für SchülerIn
Level 2 (geführt)	durch LehrerIn	offen für SchülerIn	offen für SchülerIn
Level 3 (offen)	offen für SchülerIn	offen für SchülerIn	offen für SchülerIn

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

Bei Level 0, dem bestätigenden Forschenden Lernen, werden alle Phasen (Fragestellung, Untersuchungsdesign, Ergebnisinterpretation) von der Lehrperson vorgegeben und Schülerinnen und Schüler zu einem erwarteten Ergebnis geführt (Abrams et al., 2008). Die Lösung wird den Schülerinnen und Schülern z.T. offensichtlich präsentiert, die Lehrkraft steht den Schülerinnen und Schülern jederzeit für Fragen und Anleitungen zur Verfügung.

Diese Form des Forschenden Lernens ist mit der schrittweisen Anleitung eines Kochbuches vergleichbar (Blanchard et al., 2010; Abels et al., 2014a) und eignet sich zum Kennenlernen von Laborgeräten, bestimmten Anwendungsmethoden, wie Filtrieren, sowie von Sicherheitsbestimmungen und Versuchsbeschreibungen (Abels, Puddu & Lembens, 2014b).

Abels (2015a) stellt dar, dass Level 0 des Forschenden Lernens wichtig im Inquiry Prozess ist und keinesfalls ausgelassen werden sollte. Inquiry Level 0 eignet sich etwa, um ein neues Thema einzuführen, bekannte Fähigkeiten zu fördern, zielerfassendes Verstehen von geschriebenen Anleitungen zu verbessern, Vorwissen einzubauen oder bestimmte Risiken zu minimieren und ist nicht nur Schülerinnen und Schüler, die mit diesem Ansatz beginnen, vorbehalten (Werning & Lütje-Klose, 2007).

Bei Level 1 Inquiry, auch strukturiertes Forschendes Lernen genannt, erhalten Schülerinnen und Schüler mehr Eigenverantwortung beim Forschungsprozess (Abrams et al., 2008). In dieser Stufe des Forschenden Lernens können Schülerinnen- und Schülerversuche eingeordnet werden, bei welchen die Fragestellung und das Untersuchungsdesign von der Lehrkraft vorgegeben wird. Die Interpretation der Ergebnisse mit vorhergehender genauer Beobachtung wird von den Schülerinnen und Schülern selbstständig durchgeführt (Abels, 2015a; Abels et al., 2014b). Die Schülerinnen und Schüler müssen zusätzlich zu ihren Fähigkeiten bei Level 0 ihr Wissen anwenden, um Schlüsse ziehen und bewerten zu können und ihre Ergebnisse präsentieren und argumentativ vertreten können (Abels et al., 2014b).

Auf Level 2, dem geführten oder begleiteten Forschenden Lernen, bekommen Schülerinnen und Schüler nur die Fragestellung von Lehrerinnen und Lehrern vorgegeben. Daraufhin müssen sich Schülerinnen und Schüler eigenverantwortlich ein mögliches Untersuchungsdesign zur Beantwortung der Forschungsfrage überlegen und anschließend die beobachteten Ergebnisse selbstständig interpretieren (Blanchard et al., 2010). Bei Level 2 sollen Schülerinnen und Schüler ihre Fähigkeiten erweitern und *„mögliche Einflussfaktoren, z. B. zu verwendende Mengen, gewählte Geräte, etc. berücksichtigen und Entscheidung begründen, Variablen kontrollieren, Untersuchungsdesign [sic] argumentativ vertreten, Ergebnisse mit Hypothesen abgleichen und das Untersuchungsdesign gegebenenfalls begründet verändern können“* (Abels et al., 2014b, S. 41).

Bei Level 3, dem offenen Forschenden Lernen, müssen Schülerinnen und Schüler, neben dem Erstellen der Untersuchung und der Ergebnisinterpretation, auch eine naturwissenschaftliche Frage zur Forschung selbstständig entwickeln und „*Verantwortung für den gesamten Forschungsprozess übernehmen*“ (Abels et al., 2014b, S. 41). Das Erstellen einer eigenen Frage gilt als eine besondere und schwierige Herausforderung für Schülerinnen und Schüler und muss von ihnen erst erlernt werden (Hofstein et al., 2005). Dazu benötigen Schülerinnen und Schüler ausreichend Erfahrung mit dem Forschenden Lernen, Vorwissen und Kompetenzen, damit diese Stufe zielführend ist (Abrams et al., 2008). Level 3 Inquiry ist meist einfacher durchzuführen, wenn Level 1 und Level 2 des Forschenden Lernens bereits durchgeführt wurden (Abels, 2015a).

Als Inhibitoren für Forschendes Lernen im Unterricht werden von Hofstein und Lunetta (2004) kochbuchartige Vorgaben von Lehrerinnen und Lehrern gesehen, da sie eigenständiges Denken der Schülerinnen und Schüler verhindern und jene die Aufgaben lediglich ritualisierend übernehmen, ohne sich auf die Untersuchung tiefgreifend einzulassen (Hofstein & Lunetta, 2004). In diesem Zusammenhang kann erneut auf die Uneindeutigkeit der Definition verwiesen werden, da Lunetta & Hofstein (2004) unter Umständen eine andere Vorstellung von Inquiry, insbesondere von den Levels, als beispielsweise Abrams et al. (2008) verfolgen. Es ist meist sinnvoll mit einer lehrkraftzentrierten Stufe zu beginnen, da Schülerinnen und Schüler zuvor Kompetenzen und Fähigkeiten entwickeln müssen, um beispielsweise von Forschendem Lernen Level 3 profitieren zu können (Abrams et al., 2008).

Level 3 bedeutet nicht zwingend, dass dieser Ansatz die optimalste Form darstellt und wird im Schuljahr eventuell nur wenige Male durchgeführt und erreicht (Abels, 2012; Abrams et al., 2008). Blumenfeld, Kempner und Krajcik (2005) führen die Möglichkeit an, dass auch ein für Schülerinnen und Schüler sehr interessantes Thema überfordernd und entmutigend wirken kann, wenn die Schwierigkeit des Forschenden Lernens, beispielsweise bei Level 3, zu hoch ist.

Blanchard et al. (2010) fanden in ihrer Forschungsstudie heraus, dass sich geführtes Forschendes Lernen (Level 2) als besonders effektiver Unterrichtsansatz zur Unterstützung des Lernens von Schülerinnen und Schülern eignet und eine bessere Langzeitretention des

Erlernen bewirkt, als mit Forschendem Lernen Level 0 unterrichteten Schülerinnen und Schülern. Schülerinnen und Schüler, die mit Inquiry Einheiten unterrichtet wurden, erzielten signifikant höhere Testergebnisse an *Middle Schools* und *High Schools* als traditionell unterrichtete Schülerinnen und Schüler. Diese Resultate beziehen sich sowohl auf den Lernzuwachs, als auch auf die Langzeitwirkung des Gelernten. Die Forscherinnen und Forscher haben festgestellt, dass sich dieser Ansatz für ein besseres Verständnis von naturwissenschaftlichen Inhalten anbietet und mit unterschiedlichen Lehrstilen kombinierbar ist.

Schülerinnen und Schüler erhalten durch Forschendes Lernen eine Vorstellung davon, „*was es heißt, um eine klare Fragestellung zu ringen, eine Untersuchung zu planen und durchzuführen oder die erhaltenen Ergebnisse zu interpretieren und anschließend auch zu formulieren*“ (Koliander & Puddu, 2011, S. 3). Dabei können auch Misserfolge auftreten, wenn beispielsweise eine Untersuchung nicht den Vorstellungen entsprechend funktioniert oder Schwierigkeiten auftreten. Es ist wichtig diese Misserfolge zu reflektieren und in weiterer Folge daraus zu lernen (Koliander & Puddu, 2013).

In diesem Zusammenhang soll festgehalten werden, dass ein höheres Level des Forschenden Lernens nicht zwingend mit einer Erhöhung der Schwierigkeit einhergehen muss. Jedes Level beinhaltet andere Herausforderungen und mögliche Schwierigkeiten für Schülerinnen und Schüler und andere Rollen für Lehrerinnen und Lehrer (Abels, 2015a).

Die optimalste Form von Forschendem Lernen ist variabel und sollte immer auf die jeweilige Klasse und Bedingungen angepasst werden (Abrams et al., 2008; Blanchard et al., 2010). Sollten die geplanten Aktivitäten zu herausfordernd für eine Klasse sein, können Schülerinnen und Schüler unter Umständen den Inhalt nicht effektiv lernen; sind die Aktivitäten zu einfach, erlernen Schülerinnen und Schüler keine höheren Denkmuster und Problemlösungsstrategien. Das gewählte Level sollte weder zu einfach, noch zu schwierig für Schülerinnen und Schüler sein (Colburn, 2000a). Forschendes Lernen eignet sich dazu, dass Schülerinnen und Schüler in Gruppen an unterschiedlichen Anforderungsniveaus (Levels) parallel mit unterschiedlichen Strategien arbeiten können, so dass der Inhalt individueller gestaltet werden kann (Abels, 2012).

Im nun anschließenden Abschnitt werden die Aufgaben und Rollen von Lehrerinnen und Lehrern beim Forschenden Lernen erläutert und angeführt, welche besondere Herausforderung in den jeweiligen unterschiedlichen Levels auftreten können.

2.5. Rolle von Lehrerinnen und Lehrern beim Forschenden Lernen

Die Rolle von Lehrerinnen und Lehrern in der Lernbegleitung ist beim Inquiry besonders hervorzuheben. Lehrerinnen und Lehrer müssen jederzeit ihre Bedeutung bei diesem Unterrichtsansatz kennen und Schülerinnen und Schüler im Unterricht mehr selbstständige Aktivitäten ermöglichen (Abrams et al., 2008). Lernbegleitung wird im angloamerikanischen Raum als *Scaffolding* bezeichnet und baut ein metaphorisches Gerüst um die Gedanken und Handlungen der Schülerinnen und Schüler, um diese zu stützen und zu fördern. Scaffolding kann als adäquates Mittel eingesetzt werden, um Lernende beim Lösen naturwissenschaftliche Probleme zu unterstützen (Furtak, 2008).

Lehrerinnen und Lehrer haben beim Forschenden Lernen die Rolle von Beratern und Beraterinnen, Begleitern und Begleiterinnen, unterstützenden Mentoren und Mentorinnen, Guides, Moderatoren und Moderatorinnen, Motivatoren und Motivatorinnen sowie Coaches, und sind dadurch auf eine andere Art als bei traditionellem Unterricht in das Geschehen involviert (Abrams et al., 2009; Blanchard et al., 2010). Lehrpersonen sollen den Schülerinnen und Schülern Raum für Ideen lassen, Schülerinnen und Schülern aktiv zuhören, Interessen an den Gedanken vermitteln, flexibel sein, konstruktives Feedback geben, sowie nicht unfehlbar als Expertinnen oder Experten sein und reflexive Fragen im Gespräch stellen (Abrams et al., 2009).

Lehrerinnen und Lehrer müssen bei der Entwicklung der, für das Forschende Lernen wichtigen, Kompetenzen unterstützen, damit Schülerinnen und Schüler dabei nicht überfordert werden (Abels et al., 2014a). Die Untersuchungen sollen für Schülerinnen und

Schüler sinnvoll gestaltet werden und mit Fragen angeleitet sein, die für sie Relevanz haben. Lehrerinnen und Lehrern sollte in diesem Zusammenhang auch bewusst sein, dass manche Erfahrungen für Schülerinnen und Schüler mit wenig Interesse beginnen, aber durch die aktive Teilnahme am Arbeitsprozess des Forschenden Lernens an Bedeutung gewinnen und infolgedessen in Verständnis des Inhaltes münden können (NRC, 1996). Gleichzeitig ist die Tatsache für Lehrerinnen und Lehrer wichtig zu erkennen, dass ein Interesse am Inhalt nicht zwingend zu Verstehen führen muss. Lehrpersonen können Schülerinnen und Schülern helfen, ihr Interesse am Inhalt zu steigern, indem sie die Wichtigkeit und den Wert der treibenden Frage hervorheben (Blumenfeld, et al. 2005). Die Lehrkraft sollte bei Inquiry in der Klasse die Arbeit der Schülerinnen und Schüler beobachten und Diskussionen verfolgen, um gezielte Hilfestellung bei Entwicklung der eigenen Erklärungen geben zu können (NRC, 1996). Die Lernlandschaft muss so gestaltet sein, dass Schülerinnen und Schüler effektiv Lernen können und die Möglichkeit besteht, relevante und wissenschaftliche Fragen zu stellen (Pennick, Crow, & Bonnsteter, 1996, zit. nach Hofstein et al., 2005).

Die Rolle der Lehrkraft in einem geschlossenen Setting des Forschenden Lernens (vor allem Level 0 und 1) ist führend und vorschreibend. Die Lehrkraft zeigt den Schülerinnen und Schülern, wie ein Experiment durchzuführen und zu beobachten ist und wie die entstehenden Daten zu interpretieren sind, um eine passende Lösung zu erhalten (van der Valk & de Jong, 2009).

Bei offeneren Levels von Inquiry (Level 2 und Level 3) bezeichnen van der Valk und de Jong (2009) die Aktivitäten von Lehrerinnen und Lehrern als *guiding by laissez-faire* oder *guiding by scaffolding*, bei welchen sie den Schülerinnen und Schülern Freiraum zur Gestaltung der eigenen Aktivitäten anbieten, aber dennoch unterstützend anwesend sind.

„*Scaffolding begins with establishing the learner’s initial conceptions and goal conceptions*“ (van der Valk & de Jong, 2009, S. 832). Die Ermittlung der Anfangs- und Zielideen von Schülerinnen und Schülern soll den Grundstein des Scaffolding der Lehrerinnen- und Lehrerrolle beim offenen Inquiry Prozess bilden, da auf diese Weise das Entwicklungslevel der Schülerinnen und Schüler erhoben werden kann (van der Valk & de Jong, 2009). Bliss, Askew und Macrae (1996, zit. nach van der Valk & de Jong, 1996) arbeiteten wichtige

Scaffolding tools von Lehrerinnen und Lehrern aus, um Schülerinnen und Schüler in offenen Inquiry Einheiten zu unterstützen. Die Lehrperson kann den Schülerinnen und Schülern Anerkennung geben, Ideen und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erheben, Handlungsaktivitäten gliedern und Vorschläge und Hinweise anbieten. Der Grad an Scaffolding und Unterstützung von der Lehrkraft hängt vom Vorwissen, den Erfahrungen, sozialen Kompetenzen und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler ab (Abels, 2015a).

Die Gefahr beim Scaffolding in offenen Stufen des Forschenden Lernens besteht darin, dass Lehrerinnen und Lehrer zu viel Leitung übernehmen und den Freiraum für die Gedanken der Schülerinnen und Schülern limitieren (Tomskin & Tunncliffe, 2001, zit. nach van der Valk & de Jong, 2009). Erst durch ausreichende Erfahrung gelingt es Lehrerinnen und Lehrern eine passende Rolle in diesem Prozess einzunehmen (van der Valk & de Jong, 2009).

Die Form der Fragen und Antworten an die Schülerinnen und Schüler nimmt beim Forschenden Lernen einer besonders wichtigen Rolle ein, damit die Schülerinnen und Schülern angemessen daran lernen können. Die Fragen der Lehrperson sollen zur Fortsetzung der Gedanken und Ideen der Schülerinnen und Schüler führen und den Schülerinnen und Schülern bei offenem Inquiry keine genaue Schritt-für-Schritt Anleitung geben (van der Valk & de Jong, 2009).

Das Geben von passenden Fragen und Antworten muss von Lehrerinnen und Lehrern erst erlernt werden, um auf Fragen von Schülerinnen und Schülern antworten zu können ohne die Frage selbst bereits zu beantworten (Blanchard et al., 2010). *Reflective Toss* (vgl. van Zee & Minstrell, 1996) eignet sich als hilfreiches Mittel der Lehrperson zum Zurückspielen von Schülerinnen- und Schülerfragen (Abels, 2015c). Blanchard et al. (2010), Colburn (2000a) und das NRC (1996) führen Fragetypen an, die Unterstützung beim Forschenden Lernen bewirken sollen. Diese Fragen sollen eine tiefere Denkebene der Schülerinnen und Schüler erreichen und eine intensive und reflektierte Beschäftigung mit der Thematik bezwecken. Schülerinnen und Schüler sollen durch diese Fragen erklären, warum sie eine bestimmte Aktivität ausführen und welches Ziel sie damit verfolgen, sowie in weiterer Folge alternative Ideen erkennen und überlegen. Beispielhaft könnten die Unterstützung folgend ablaufen: *“Was denkst du, was passieren könnte?”* oder *“Use the plan you*

developed to get to work today. Let me know if there is anything you can't find" oder "I see you are working on chromatography. What are you doing? Why did you decide to do that? Have you found anything out yet?" (Blanchard et al., 2010, S. 589). Darüber hinaus sollen Schülerinnen und Schüler in einer Inquiry Situation ausreichend Zeit zum Antworten erhalten und Lehrerinnen und Lehrer die Antworten von Schülerinnen und Schüler wiederholen und paraphrasieren, ohne Wertung und Kritik in der Äußerung erkenntlich zu machen (Colburn, 2000a). In Kapitel 4. *Unterrichtsgespräche zwischen LehrerInnen und SchülerInnen* wird diese Thematik im Kontext von Gesprächen zwischen Lehrerinnen und Lehrern und Schülerinnen und Schüler vertieft.

Im folgenden Kapitel werden Forschungsstudien angeführt, die sowohl Vor- als auch Nachteile beim Forschenden Lernen zeigen. Einige der Autorinnen und Autoren sprechen sich klar gegen einen Einsatz dieses Ansatzes aus. Diese Meinungen werde ich darstellen und mit gegensätzlichen Begründungen diskutieren.

2.6. Forschendes Lernen in der fachdidaktischen Diskussion

Am Beginn dieses Abschnitts werde ich Autorinnen und Autoren anführen, die in ihren Forschungsstudien einen klaren Vorteil im Einsatz von Forschendem Lernen sehen. Wie bereits erwähnt sprechen sich viele Forscherinnen und Forscher, darunter Blanchard et al. (2010) und Hofstein et al. (2005), für den gezielten Einsatz von Forschendem Lernen aus und erkennen dessen Mehrwert für das Verständnis der Schülerinnen und Schüler. Forschendes Lernen wird als effektiver Ansatz betrachtet, um Schülerinnen und Schülern naturwissenschaftliche Inhalte näherzubringen. Die Autorinnen und Autoren sind sich einig, dass eine intensive und aktive Beschäftigung mit einem naturwissenschaftlichen Thema bei adäquater Durchführung bei der Vermittlung von Naturwissenschaften verhilft. Durch das aktive Behandeln von naturwissenschaftlichen Inhalten können Schülerinnen und Schüler aus erster Hand lernen und einen langfristigen Lernerfolg erzielen (NRC, 1996,

2000). Diese Statements sprechen sich eindeutig für den positiven Nutzen von Forschendem Lernen im Unterricht aus.

Auf der anderen Seite stehen Forscherinnen und Forscher, wie beispielsweise Kirschner, Sweller und Clark (2006), die Forschendes Lernen als weniger effektiv im Vergleich zu stärker geleiteten Unterrichtsansätzen sehen. Direkte Unterweisung produziere mehr Wiederholung von Faktenwissen, Langzeit-Retention und Problemlöse-Fähigkeiten (Mayer, 2001, zit. nach Kirschner et al., 2006). Die Autorinnen und Autoren setzen fort, dass sich Schülerinnen und Schüler bei offenen Ansätzen frustriert und verloren fühlen können und es so zur Bildung von unangemessenen Vorstellungen komme (Brown & Capione, 1994; Hardiman, Pollatsek & Weil, 1986, zit. nach Kirschner et al., 2006).

In der Studie von Kirschner et al. (2006) werden Ansätze, wie Entdeckendes Lernen, Problem-based Learning, Forschendes Lernen und Experimentelles Lernen zusammengefasst und als *minimal-guided forms of instructions* charakterisiert. Insofern besteht kein direkter Vergleich mit dem Unterrichtsansatz des Forschenden Lernens, der in dieser Arbeit thematisiert wird.

Der Mehrwert von direkter Unterweisung im Vergleich zu Inquiry wird meist anhand der Forschung von Klahr und Nigam (2004) zu belegen versucht. In der Studie wurden 112 Schülerinnen und Schüler im dritten beziehungsweise vierten Schuljahr an verschiedenen Grundschulen untersucht. Es wurde Forschendes Lernen mit direkter Unterweisung verglichen, wobei die Schülerinnen und Schüler Beobachtungen und Erklärungen zu Phänomenen machen mussten. Bei der Studie von Klahr und Nigam (2004) ist unbedingt herauszuheben, dass die Bewertungsgrundlage für die Ergebnisse der Forschung nur gestaltete Poster bilden und keine standardisierten Tests herangezogen wurden. Des Weiteren gab es bei der Untersuchungsgruppe zu Inquiry keine Intervention durch Lehrerinnen oder Lehrer, keine führende Fragestellung und kein Feedback, wobei die Gruppe mit direkter Unterweisung ständig lehrkraftkontrolliert war. Insofern sprechen sich Blanchard et al. (2010) dazu aus, dass die Ergebnisse der Studie unbedingt zu relativieren sind.

Beide hier vorgestellten Studien beziehen sich fast ausschließlich auf Level 3 des Forschenden Lernens und behandeln die anderen Level nicht. Daher ist es schwierig diese Ergebnisse mit dem levelbasierten Ansatz Forschenden Lernens zu vergleichen, bei dem gerade davor gewarnt wird, Forschendes Lernen mit Level 3 zu beginnen oder sogar damit gleichzusetzen. Die wenigen bekannten Studien, die sich gegen einen Mehrwert von Forschendem Lernen aussprechen, wurden, beispielsweise wie die Studie von Klahr und Nigam (2004), ohne standardisierte Tests und übergreifend vergleichbare Ergebnisse erhoben. In diesem Zusammenhang ist es auch wichtig zu erwähnen, dass generalisierte Aussagen über den Ertrag von Forschendem Lernen kritisch betrachtet werden müssen.

Obwohl viele Forscherinnen und Forscher, wie oben erwähnt, einen positiven Effekt auf das Erlernen von naturwissenschaftlichen Inhalten mittels Forschendem Lernen für Schülerinnen und Schüler einsehen, kommt Forschendes Lernen in der Realität seltener als erwartet zum Einsatz. Roehrig und Luft (2004) und Colburn (2000a) arbeiteten Gründe beziehungsweise Probleme heraus, die ausschlaggebend sein könnten, weshalb viele Lehrerinnen und Lehrer Forschendes Lernen in der Klasse nicht einsetzen:

- Verwirrung über die Bedeutung des Begriffs
- Befürchtung, dass Forschendes Lernen nur mit den besten Schülerinnen und Schülern funktioniert
- Unangemessene Vorbereitung
- Fehlende Zeit, Materialien und Unterstützung von Kolleginnen und Kollegen
- Fehlende Erfahrungen und Fähigkeiten
- Forschendes Lernen ist schwieriger handzuhaben als traditioneller Unterricht
- Verspüren, dass Fakten gelehrt werden müssen

Ein weiterer Aspekt gegen den Einsatz von Forschendem Lernen ist dadurch gegeben, dass Lehrerinnen und Lehrer oft den Mehrwert dieses Ansatzes nicht sehen und sich durch die Leistungen von Schülerinnen und Schüler davon abbringen lassen. Loughran (1994) fand heraus, dass negative Erfahrungen Lehrerinnen und Lehrer zu traditionellem Unterricht verleiten. Ein weiteres Problem bildet die Ansicht, dass Forschendes Lernen von Lehrerinnen und Lehrern nur mit Level 3 in Verbindung gebracht wird und daher als *free-*

for-all-Ansatz betrachtet wird, bei welchem es kaum Lehrerinnen- oder Lehrerführung gibt. Daher ist es wichtig, dass sich Lehrkräfte mit den anderen Level des Forschenden Lernens ebenso vertraut machen und diese kennen lernen (Abrams et al., 2008). Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass Forschendes Lernen an westeuropäischen männlichen Traditionen angelehnt und unter Umständen schwierig in der Umsetzung für Schülerinnen und Schüler sein kann (Lee, 2003, zit. nach Abrams et al., 2008).

Des Weiteren schreiben Hofstein und Lunetta (2004) in ihrem Forschungsartikel, dass viel Zeit und Ressourcen benötigt werden, um Lehrerinnen und Lehrer adäquat für das Anwenden von Forschendem Lernen auszubilden und passende Lehrpläne zu entwickeln. Forschendes Lernen ist auch für erfahrende Lehrerinnen und Lehrer als Herausforderung anzusehen (Roehrig & Luft, 2004). Crawford (2007) erklärt in ihrem Artikel, dass die Durchführung von Forschendem Lernen im Unterricht für Lehrerinnen und Lehrer ohne professionelle Hilfe oder entsprechende Entwicklung schwierig ist, da viele Lehrerinnen und Lehrer sich unzureichend sicher beim Umgang mit dem Forschenden Lernen fühlen.

Moss (1997, zit. nach Blanchard et al., 2010) beschreibt auf ähnliche Weise wie Hofstein und Lunetta (2004), dass Forschendes Lernen mehr Zeit und Materialien benötigt und gleichzeitig mehr Zeit und Aufwand für Schülerinnen und Schüler bedeutet. Die Lehrpersonen benötigen mehr Zeit beim Forschenden Lernen für das Anbieten von Strategien und passenden Inhalten für Schülerinnen und Schüler und weniger Zeit für die didaktische Präsentation von Fakten (Gess-Newsome, Southerland, Johnston & Woodbury, 2003). Insofern ist allerdings zu erkennen, dass nach ausreichender Übung für die Lehrpersonen der Zeitaufwand ähnlich bleibt und sich vor allem in die Vorbereitungsphase des Unterrichts verschiebt.

Abschließend zu dieser Diskussion kann gesagt werden, dass Forschendes Lernen von vielen Forscherinnen und Forschern (u.a. Blanchard et al., 2010; Hofstein et al., 2005) als gewinnbringend und förderlich für das Verstehen von naturwissenschaftlichen Inhalten im Unterricht bewertet wird. Etliche Studien belegen, dass Forschendes Lernen in Leistungstests gleiche oder höhere Resultate im Vergleich zu direkten Anleitungen erzielt (vgl. Colburn, 2000b; Hall & McCurdy, 1990; Leonard, Cavana & Lowery, 1981, zit. nach Blanchard et al., 2010). Andere Studien geben an, dass geringere Leistungen und

Testergebnisse vergleichend zu direkten Unterweisungen durch den Ansatz des Forschenden Lernens erzielt werden. Blanchard et al. (2010) beschreiben, dass diese Studien meist auf schwachen empirischen Daten gründen und daher zu relativieren sind.

Forschungsuntersuchungen und Beobachtungen von Experimenten spielen eine große Rolle im Einsatz des Forschenden Lernens. Etliche Kompetenzen, die im Zusammenhang mit dem Forschungszyklus vorgestellt wurden, beziehen sich auf die Planung, Durchführung und Interpretation von Experimenten. Im nächsten Abschnitt wird das Experiment in der Schule beschrieben und erläutert, welchen Wert Experimente im Unterricht haben und was von dessen Einsatz erwartet wird.

3. Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht

Wie bereits im vorhergehenden Kapitel ersichtlich, haben Experimente im Kontext des Forschenden Lernens eine große Bedeutung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In diesem Kapitel folgen eine Thematisierung von Experimenten im Schulunterricht und die Beschreibung der Rolle von Experimenten beim Erlernen von naturwissenschaftlichen Inhalten. Am Beginn dieses Abschnitts steht eine Darstellung und Definition von Experimenten im Unterricht. Anschließend wird die Rolle von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht erläutert, sowie deren Ziele beschrieben. Abschließend erfolgt eine Darlegung, wie Experimente im Schulunterricht integriert und eingesetzt werden können.

In dieser Arbeit wird das Experiment allgemein betrachtet, sowohl jene von Lehrerinnen und Lehrern, wie auch von Schülerinnen und Schülern durchgeführte Experimente. Der Fokus dieser Abhandlung liegt allerdings klar auf Schülerinnen- und Schülerexperimenten.

3.1. Definition und Beschreibung von Experimenten

Am Beginn dieser Einführung steht eine Definition des Experiments, wie diese in der Fachdidaktik betrachtet werden. Michael Anton (2008, S. 73) definiert das Experiment folgendermaßen:

*„Ein Experiment (lat. Experimentum = Versuch, Beweis, Prüfung, Probe) ist ein wissenschaftlich aufgebauter Versuch zur zielgerichteten Untersuchung einer unter definierten Bedingungen reproduzierbar hervorgerufenen **Erscheinung**. Ein Experiment ist neben der genauen Beobachtung die wichtigste wissenschaftliche **Methode**, um etwas über die **Realität** zu erfahren. Neben der Funktion in der Wissenschaft [...] sind Experimente eine didaktische Methode“.*

In diesem Sinn gilt das Experiment auch als eine der zentralen Erkenntnismethoden in den Naturwissenschaften und hat in allen empirischen Wissenschaften eine große Bedeutung (Ganter, 2013; Tesch, 2005). Experimentieren gilt als fundamentale Denk- und Arbeitsweise der Naturwissenschaften. Bei Experimenten handelt es sich um Fragestellungen an die Natur, um diese zu begreifen und mit Hilfe einer theoriegeleiteten Manipulation zu verstehen (Eilks et al., 2004).

Das Experiment kann als wichtiger Bestandteil von Naturwissenschaften betrachtet werden und hat im Unterricht eine zentrale Stellung (Höttecke, 2001). Grafendorfer und Neureiter (2009) sehen das Experiment als Schlüssel zum Erkenntnisgewinn von Schülerinnen und Schülern. Der wichtigste Handlungsort für Experimente ist das Labor (Höttecke, 2001). Hofstein und Lunetta (1982) sehen das Labor als eine wichtige Möglichkeit für das Lernen und Verstehen von naturwissenschaftlichen Sachverhalten und erkennen große Vorteile im Lernen durch Labortätigkeit, die ihren Ursprung im Schulunterricht bereits im 19. Jahrhundert hat. Solomon (1980) brachte den Zusammenhang zwischen Labor und Unterricht bereits vor 35 Jahren auf den Punkt und meinte, dass naturwissenschaftlicher Unterricht im Labor stattfinden muss, genauso wie kochen in die Küche oder gärtnern in den Garten gehört (Salomon, 1980).

Das Experiment im Unterricht hat aber eine andere Bedeutung als in der Wissenschaft (Kattmann, Duit, Gropengießer, Komorek, 1997), *„weil es nicht nur um eine Adaption naturwissenschaftlicher Vorgehensweisen geht, sondern lerntheoretische Kenntnisse mit in die Planung der Methoden eingehen“* (Tesch, 2005, S. 61).

3.2. Rolle von Experimenten im Unterricht

Anton (2008) beschreibt das Experiment als eine Bürde des Chemieunterrichts. Er meint, dass der Einsatz selbstverständlich, unverzichtbar und motivierend ist, aber ebenso die problembehaftetste Methode im Unterricht darstellt. Ein Experiment im Unterricht weist mehr implizite als explizite Effekte auf und ist zu den zentralen Forschungsthemen in der Fachdidaktik zu zählen. Durch das Experimentieren im Unterricht können die typischen

Arbeitsweisen der Naturwissenschaften mit eigenen Erfahrungen verbunden werden. Hervorzuheben ist, dass es immer eine Verknüpfung von Theorie und Praxis bedarf, da das Experiment alleine kein Informationsvermittler, sondern im Unterricht einzubetten ist (Tesch, 2005). Lernen im Labor am Experiment funktioniert nicht selbstständig und von alleine, sondern benötigt entsprechende Planung mit geeigneten Materialien (Hofstein & Lunetta, 1982). Experimentieren im Unterricht soll insofern keine reine Beschäftigung mit Materialien sein, sondern das Mitdenken und Verknüpfen von Inhalten bewirken (Tesch, 2005).

Barzel, Schrenk und Reinhoffer (2012) fassen zwei Ebenen von Begründungen zusammen, weshalb Experimente im Unterricht wesentlich sind. Zum einen nennen sie eine allgemeine Zielebene, auf welcher durch komplexe Handlungen und kognitive Tätigkeiten beim Experimentieren die Persönlichkeitsbildung der Schülerinnen und Schüler angestrebt wird. Und zum anderen eine fachliche Zielebene, um „neue Begriffe und Konzepte durch Experimente zu erarbeiten oder [...] als Arbeits- und Erkenntnisweise kennen zu lernen“ (Barzel et al., 2012, S. 103).

Hofstein und Lunetta (1982) fanden in ihrer Studie heraus, dass Schülerinnen und Schüler, die mit Experimenten unterrichtet wurden, eine weitaus positivere Einstellung zu Naturwissenschaften entwickeln, als jene Schülerinnen und Schüler, die lediglich aus Büchern gelernt hatten. Laborexperimente erzielten bei passendem Einsatz einen großen Lerneffekt. Daher empfehlen die Autoren Experimentunterricht als effektive und effiziente Methode, um naturwissenschaftliche Inhalte zu erlernen.

Der Einsatz von Experimenten im Unterricht kann bei der Weiterentwicklung von Persönlichkeitsmerkmalen, wie Genauigkeit, Zielstrebigkeit und Ausdauer, unterstützen. Des Weiteren werden soziale Kompetenzen, darunter Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit, Toleranz, Hilfsbereitschaft und Verantwortungsbereitschaft geschult (Ganter, 2013). In der Naturwissenschaftsdidaktik werden weitere Gründe angeführt, die sich für den Einsatz von Experimenten aussprechen (vgl. Anton, 2008; Barzel et al., 2012; Hofstein & Lunetta, 1982, 2004). Durch Experimentieren können unter anderem:

- Einstellungen, Interessen, Haltungen und Aufgeschlossenheit gegenüber Naturwissenschaften geweckt und aufrecht erhalten werden,
- Kreatives Denken, Problemlösen und begründetes Argumentieren entwickelt werden,
- Logisches und kausales Denken geübt werden,
- Naturwissenschaftliches Denken und naturwissenschaftliche Methoden gefördert werden,
- Konzeptuelles Verständnis und intellektuelle Fähigkeiten gefördert werden,
- Praktische und angewandte Fähigkeiten gefördert werden (etwa Untersuchungen designen, Beobachten, Daten erheben, Hypothesen formulieren),
- Minimierung des Risikos durch die sichere Handhabung von Geräten,
- Inquiry Skills gefördert werden, um Problemlösen auf andere Inhalte zu übertragen,
- In die Arbeit von WissenschaftlerInnen eingesehen, diese verstanden und nachgeahmt werden
- Theorien und Modelle von Naturwissenschaften gezeigt und dessen Verstehen ermöglicht werden,
- Der gründliche Blick auf Details geschult werden und
- Gezielte Reflexionen von Handlungen und Beobachtungen gefördert werden.

Neben diesen gewinnbringenden Aspekten des Experimentierens für Schülerinnen und Schüler erforschen Koliander (2014) und Tesch (2005) Ziele und Absichten, die Lehrerinnen und Lehrer bei Experimenten im Unterricht verfolgen:

- Fähigkeit zur Zusammenarbeit
- Konfliktlösefähigkeit
- Interaktive Anwendung von Sprache, Symbolen, Texten und Technologien
- Verbindung von Theorie und Praxis
- Erwerb experimenteller Fähigkeiten
- Kennenlernen der Methoden wissenschaftlichen Denkens
- Motivation, Weiterentwicklung der Persönlichkeit und der sozialen Kompetenz
- Überprüfung des Wissens der Schülerinnen und Schüler (vgl. Koliander, 2014, S. 223; Tesch, 2005, S. 70f.).

Im nächsten Abschnitt werden Experimente im Unterricht dargestellt und thematisiert, welche Bedingungen für den zielführenden Einsatz nötig sind.

3.3. Darstellung von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Um die oben beschriebenen Absichten und Ziele verwirklichen zu können, ist es wichtig die Form der Experimente, mit welchen sich Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht beschäftigen, abzuklären. Seit den 1960er Jahren wurde eine Veränderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts erwünscht. Dieser sollte nun den Schwerpunkt auf Entdecken, Kreativität, Generalisierung und Inquiry legen. Es ist in diesem Sinn bedeutend, dass die im Unterricht eingesetzten Experimente ergebnisoffen, Hofstein und Lunetta (1982) sprechen von *open-ended*, sind, damit die Schülerinnen und Schüler ihre Problemlösefähigkeiten anwenden müssen und kreatives Denken entwickeln (Hofstein & Lunetta, 1982). Hofstein und Lunetta (1982) erforschten, dass auf diese Weise naturwissenschaftliche Probleme von Schülerinnen und Schülern gelöst werden konnten, die noch nicht explizit von ihnen gelernt wurden. Neben diesen Aspekten sollten sinnvolle Experimente im Schulunterricht der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler entstammen und die Alltagsvorstellungen aufgreifen. Durch das Einbeziehen der Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern können diese kognitiv aktiviert werden, da sie selbstständig Hypothesen erstellen und Untersuchungen designen. Dadurch könnten Schülerinnen und Schüler die Problemlage des Inhaltes besser erfassen und verständnisorientiert Probleme lösen (Eilks et al., 2004).

Schülerinnen und Schüler sollen die Chance erhalten mehrfach selbstständig Experimente durchführen zu können. Durch eine regelmäßige Beschäftigung auf dieser Ebene ist es möglich, die Komplexität und Tiefe der Auseinandersetzung zu nützen und auszubauen (Eilks et al., 2004). Nach Rocard et al. (2007) gelingt es Schülerinnen und Schülern sich besser an Experimente zu erinnern, die von ihnen selbst geplant und durchgeführt wurden.

Lehrerinnen und Lehrer sollten mittels eines angepassten Unterrichts mit Fremd- und Selbststeuerung die Eigenaktivität der Schülerinnen und Schüler lenken (Eilks et al., 2004). Tesch (2005, S. 56) fasst zusammen, dass es wichtig ist, *„die experimentelle Aufgabe so offen wie möglich, aber so geleitet wie nötig zu gestalten“*. Die Lehrkraft soll zwar die Umgebung vorstrukturieren, aber immer ausreichend Raum für Begründungen der Schülerinnen und Schüler geben, um Widersprüche aufzugreifen und erkenntlich zu machen (Eilks et al., 2004). Sinnvolles Lernen am Experiment gelingt nur, wenn Schülerinnen und Schüler ausreichend Zeit und Möglichkeiten zur Interaktion und Reflexion am Experiment zur Verfügung stehen (Gunstone & Champagne, 1990, zit. nach Hofstein & Lunetta, 2004). Hofstein und Lunetta (2004) sprechen sich dafür aus, dass Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit durch die Lehrkraft erhalten müssen, Fragen zu stellen, Hypothesen zu formulieren und Untersuchungen zu planen. Auf diese Weise soll der Experimentunterricht sowohl minds-on als auch hands-on gestaltet sein und somit Handeln und Denken fördern.

Schülerinnen und Schüler stellen sich Experimentieren häufig als ein nicht zielgerichtetes Handeln vor und meinen, dass es beim Experimentieren darum geht, etwas auszuprobieren und neue Entdeckungen zu machen. Erst durch zunehmende Erfahrungen mit Experimenten erfahren Schülerinnen und Schüler ein empirisches Verständnis des Experiments und erkennen, dass es sich auch zur Überprüfung von Hypothesen eignet (Höttecke, 2001). Schülerinnen und Schüler sollen verstehen, dass Experimente durch Konzepte gelenkt sind und sich unter anderem dazu eignen Ideen und Vermutungen zu testen und zu überprüfen (NRC, 1996). Die meisten Schülerinnen und Schüler sind im Unterricht an Experimenten interessiert, dies bedeutet aber nicht, dass ihnen das Verstehen des Sachverhaltes wichtig ist. Meist erfolgt eine bloße oberflächliche Beobachtung, ohne gründliches Nachdenken oder Herstellen von Zusammenhängen (Krajcik et al., 1988). Das Experiment als solches liefert Erfahrungen, die anschließend reflektiert werden müssen (Tesch, 2005). Das Entdeckte und Reflektierte soll theoriegeleitet eingeordnet werden, um eine Festigung des Inhaltes zu ermöglichen (Ganter, 2013).

In Bezug zu Experimente im Unterricht ist unbedingt zu erwähnen, dass die Strukturen nicht direkt aus der Wissenschaft übernommen werden, da diese meist zu abstrakt sind und den Schülerinnen und Schülern nur sehr schwierig vermittelt werden können. Daher ist eine Anpassung an den Unterricht wichtig (Eilks et al., 2004; Kattmann et al., 1997). Klassische Schülerexperimente können teilweise die Lernleistung, das Verständnis oder das Interesse an Naturwissenschaften nicht erhöhen, da keine intensive Beschäftigung mit der Thematik stattfindet (Eilks et al., 2004). Des Weiteren ist es nach Anton (2008) wichtig, dass eine genaue Reflexion erfolgt, denn ohne diese kommt kaum ein positiver Lernerfolg zustande. Weiters kritisiert Anton (2008), dass in der Praxis kaum ein passender Einsatz von Experimenten feststellbar ist, weder in didaktischer Qualität noch bezüglich der Anzahl. Experimente werden meist sporadisch und regelmäßig eingesetzt, wobei meist kein oder nur ein niedriger Anspruch an die Schülerinnen und Schüler gestellt wird und der Prozess keinen Einfluss auf die Benotung hat (Anton, 2008).

Das Experiment im Chemieunterricht sollte neben Chemikalien- und Gerätekunde auch eine Sicherheitsbelehrung einbeziehen. Es sollte vom sinnerfassenden Lesen der Versuchsbeschreibung und Protokollieren hin zum selbstständigen Hypothesen bilden und überprüfen führen. Diese Schritte müssen in unterschiedlichen Zusammenhängen eingeübt werden. Erst folgend kann eine langanhaltende Absicherung von Wissen erreicht werden (Anton, 2008). Erfolgt das Experimentieren in passender Anwendung, so eignet es sich als adäquate Unterrichtsmethode mit hohem Potential die Lernleistung und andere kognitive und soziale Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu fördern (Tesch, 2005). Insofern sind die Absichten und Ziele eines Experiments mit jenen des Forschenden Lernens kombinierbar, wodurch Experimente im Unterricht mit dem Ansatz des Forschenden Lernens passend einzusetzen sind.

Zusammenfassend kann das Experiment als fundamentaler Bestandteil naturwissenschaftlichen Unterrichts betrachtet werden und zum Erkenntnisgewinn genutzt werden. Allerdings ist es wichtig, dass eine aktive Beschäftigung von Schülerinnen und Schülern mit dem Experiment erfolgt, um eine Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis zu erzeugen. Dies könnte durch den Einbezug von Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern gelingen. Schülerinnen und Schüler sind meist an Experimenten

interessiert, was nicht zwangsläufig dazu führt, dass ein Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten vorhanden ist. Insofern ist es bedeutend, dass Experimente im Unterricht passend eingebettet sind und Schülerinnen und Schüler zu kritischem Denken anregen.

Experimentieren im Unterricht stellt einen wichtigen Aspekt im Stundenbild naturwissenschaftlicher Fächer dar. Das folgende Kapitel erläutert Interaktionen, die in der Klasse im Unterricht geführt werden. Die Interaktion zwischen Lehrerinnen und Lehrern und Schülerinnen und Schülern, wie das so genannte LehrerInnen-SchülerInnen-Gespräch (LSG), erfolgt meist nach markanten Mustern, die anschließend dargestellt werden.

4. Unterrichtsgespräche zwischen LehrerInnen und SchülerInnen

In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung der Interaktion zwischen Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern im Unterricht. Der Fokus bezieht sich auf Möglichkeiten und Formen eines Dialogs und der Fragestellung beziehungsweise Beantwortung bei der Verhandlung von Sachverhalten im Unterricht und in konkreter Weise während Experimentierphasen. Am Beginn steht die Darstellung des Dialogs im Naturwissenschaftsunterricht. Folgend handelt dieses Kapitel von der Beschreibung von verbreiteten Handlungsmustern, um das Verhalten, sowohl von Lehrerinnen und Lehrern, als auch von Schülerinnen und Schülern zu beschreiben. In diesen Unterabschnitt werden auch Ziele und Zwecke erläutert, die mit bestimmten Interaktionsmustern angestrebt werden. Den abschließenden Teil dieses Kapitel bildet eine Empfehlung von Verhaltensmustern, welche aktuellen Forschungsergebnissen zu entnehmen sind. Das Lehrerinnen/Lehrer-Schülerinnen/Schüler-Gespräch, wird im Zuge dieser Arbeit mit LSG abgekürzt.

4.1. Beschreibung des Dialogs im Unterricht

Das Gespräch zwischen Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern ist eines der wichtigsten Mittel im Unterricht in vielschichtiger Weise, etwa um die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler zu erlangen. Es gibt unterschiedliche Erscheinungsformen, die vor allem in der Lehrkraftlenkung variieren (Meyer, 2005). Eine besondere Rolle im Dialog spielt die Frage des Lehrers oder der Lehrerin. Fragen von Lehrerinnen und Lehrern sind eine häufig angewandte Methode bei Gesprächen im Unterricht über naturwissenschaftliche Inhalte und sind ebenso üblich, um eine Unterrichtsstunde zu planen und zu strukturieren (Barnes, Britton & Rosen, 1969, zit. nach Ødegaard & Klette, 2012; Chin, 2007).

Dennoch handelt es sich bei der Lehrerinnen- und Lehrerfrage um etwas künstlich kreierte, da der Lehrer oder die Lehrerin eine Frage stellt, deren Antwort ihm oder ihr bereits bekannt ist. Die Lehrkraft fragt dabei nach Information von den Schülerinnen und Schülern und möchte so meist deren Wissen erforschen (Lemke, 1990; Meyer, 2005). In diesem Kontext unterscheidet sich das LSG deutlich von einem Gespräch im Alltag, da in diesen meist der oder die Fragende eine Information erhalten möchte, die er oder sie noch nicht kennt (Meyer, 2005). In einem LSG fragt meist der Lehrer oder die Lehrerin und nicht Schülerinnen und Schüler, obwohl diese bestimmte Sachverhalten eventuell noch nicht wissen (Lemke, 1990). Grell (1975, zit. nach Meyer, 2005) fand heraus, dass 68% eines LSG's aus Lehrerinnen- oder Lehreräußerungen bestehen und lediglich 20% aus den Äußerungen von Schülerinnen und Schülern. Die verbleibenden Bestandteile setzten sich aus Schweigen und Durcheinander zusammen. Die gering auftretende Beteiligung von Schülerinnen und Schülern kann nach Meyer (2005) ein Indiz für Schülerinnen und Schüler mit wenig Selbstständigkeit, Eigeninitiative oder Kreativität sein. Die im Unterricht von Lehrerinnen und Lehrern gestellten Fragen werden meist auch von ihnen selbst, und nicht von den Schülerinnen und Schülern, beantwortet (Ødegaard & Klette, 2012).

Es ist hervorzuheben, dass das Lehrerverhalten in einem LSG das Denken und Handeln der Schülerinnen und Schüler leitet und beeinflusst, daher sollten sich Lehrkräfte über ihre Ziele bewusst sein, damit diese auch angestrebt und erreicht werden können. Diese Ziele können Vorkenntnisse ermitteln, Aufmerksamkeit erwecken, zum Nachdenken anregen oder zum Disziplinieren sein (Meyer, 2005). Chin (2007) fand heraus, dass die Lehrkraft im Dialog meist versucht, dass Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Ideen preisgeben, diskutieren und abschätzen sollen, um eine eigene Meinung zu bilden. Die Lehrperson sollte so agieren, dass der Lernprozess der Schülerinnen und Schüler angeregt wird und eine produktive Gelegenheit zum Erlernen von Inhalten bietet (Meyer, 2005). Ødegaard und Klette (2012) bemerkten drei Merkmale im LSG im naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese drei Merkmale sind Beschreibung, Erklärung und Generalisierung naturwissenschaftlicher Phänomene. Dabei fanden die Autorinnen heraus, dass die Beschreibung von naturwissenschaftlichen Gegebenheiten im LSG deutlich überwiegt.

Bei einem Dialog sollte mehr als nur ein Standpunkt zu einem Thema verhandelt werden, damit Ideen erforscht und weiterentwickelt werden können. Das LSG sollte auch interaktive Elemente beinhalten, um die Beteiligung von mehr als zwei Personen zu ermöglichen (Mortimer & Scott, 2003).

Im Allgemeinen können zwei Arten von Lehrerfragen im LSG unterschieden werden. Zum einen die initiative Äußerung oder Frage und zum anderen die reaktive Äußerung oder Frage (Oliveira, 2010). Die Beschreibung und das Auftreten dieser beiden Varianten werden im anschließenden Abschnitt dargestellt.

4.2. Verhaltensmuster im Gespräch

Am Beginn ist festzustellen, dass der Dialog zwischen Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern im Unterricht meist nicht völlig diffus und unkontrolliert abläuft, sondern sich in typischen Interaktionsmustern wiederfindet. Dem Lehrer oder der Lehrerin stehen eine Vielzahl an bereits beschriebenen Reaktionen und Initiativen zur Verfügung, um ein LSG zu ermöglichen und aufrecht zu erhalten. Die Art der Fragestellung der Lehrkraft hat im LSG eine wichtige Rolle für den weiteren Verlauf des Gesprächs und kann kognitive Prozesse bei der Konstruktion von naturwissenschaftlichen Inhalten der Schülerinnen und Schüler beeinflussen und lenken (Chin, 2007).

Meyer (2005) stellt in seinem Band zu Unterrichtsmethoden eine Auflistung von möglichen Fragen für das LSG dar, die passend und produktiven Einfluss auf das Lernen und Denken von Schülerinnen und Schülern nehmen. Meyer (2005) unterscheidet allgemein zwischen:

- Inhalts-, prozess- und beziehungsbezogenen Fragen (inhaltsbezogen: Wer kennt eine Definition für Erziehung?⁷; prozessbezogen: Wann seid ihr mit der Aufgabe fertig?; beziehungsbezogen: Warum seid ihr heute so unruhig?)

⁷ Inhaltsbezogene Fragen sind nach Meyer (2005) nach diesem Muster aufgebaut. Bei genauerer Betrachtung der Fragestellung zeigt sich, dass sich eine solche Art des Fragens eher dazu eignet, Schülerinnen und Schüler

- Wissens- und Denkfragen (Wissensfrage: Was ist ein Molekül?; Denkfrage: Wie könnte die Struktur von Ethanol aussehen?)
- Offenen und geschlossenen Fragen (Beispiel geschlossen: Wie heißt die Hauptstadt von Österreich?/ Ist Wien die Hauptstadt von Österreich?)
- Konvergenten und divergenten Fragen (Konvergent: Bekanntes und Vertrautes wird auf neue Probleme und Situationen angewendet; Divergent: neue Zusammenhänge müssen durchschaut und aufgebaut werden, die unter Umständen auch widersprüchlich zu bekanntem Wissen stehen)
- Schrotschuss-Fragen (Beabsichtigte unscharfe Fragen, welche nur ungefähr in die Richtung abzielen, um viele Schülerinnen und Schüler zu einem Thema hinzuleiten)
- Ballon-Fragen (Greifen vor, um neue Lernlandschaft zu erkunden) (vgl. Meyer, 2005, S. 207).

In diesen Frageformen sieht Meyer (2005) ein hilfreiches Mittel, um durch den Unterricht zu navigieren. Des Weiteren spricht sich der Autor für weitere Frageformen aus, die im Unterricht von Schülerinnen und Schüler als störend oder hinderlich aufgenommen werden können:

- Ketten-Fragen: Bei Ketten-Fragen liegt das Problem darin, dass mehrere Fragen rasch hintereinander gestellt werden und Schülerinnen und Schüler keine Möglichkeit erhalten auf die einzelnen Fragen zu antworten.
- Suggestiv-Fragen: Unter Suggestiv-Fragen werden Fragen verstanden, die keinen Informationszugewinn anstreben, sondern lediglich eine Aufforderung in der Frage verpackt haben.
- Echo-Fragen: Bei Echo-Fragen werden die Antworten der Schülerinnen und Schüler wiederholt an die Klasse gestellt, was unter Umständen zu einem Bloßstellen der Schülerinnen und Schüler führen kann und dadurch hinderlich auf den Lerneffekt wirkt.
- Nase-Pul-Fragen: Nase-Pul-Fragen bedeuten, dass die Lehrkraft eine diffuse Frage stellt und eine exakte Antwort erwartet. Erfolgt diese Antwort nicht, so fragt die

ans Wort kommen zu lassen. Fragen, welche Inhaltbezug aufweisen, könnten eher folgend formuliert sein: „Wie lautet eine mögliche Definition für Erziehung?“.

Lehrperson immer weiter, bis die erwünschte Antwort gegeben wird. Diese Formen an Fragen nennen Barnes, Britton und Rosen (Barnes, Britton & Rosen, 1969, zit. nach Ødegaard & Klette, 2012) auch „Pseudo-Fragen“ und Ødegaard & Klette (2012) das „*Guess-what’s-in-my-head*“-Spiel. Das Auftreten dieser Fragen ist ein nicht unübliches Erscheinungsbild im Unterricht und wird als problematisch erachtet (Barnes et al., 1969, zit. nach Ødegaard & Klette, 2012).

- Schein-Fragen: Diese Äußerungen beinhalten Lob oder Tadel in Form einer Frage. Diese Art kann von Schülerinnen und Schülern missverständlich aufgenommen werden.
- Killer- oder Fangschuss fragen: Bei dieser Variante stellt der Lehrer oder die Lehrerin bewusst eine Frage an jene Schülerinnen und Schüler, die im Moment nicht aufgepasst haben. Wie etwa durch folgendes Beispiel: Na, SchülerIn 1, wie lautet der Arbeitsauftrag?. Dabei werden Schülerinnen und Schüler häufig vor der Klasse bloßgestellt (Meyer, 2005, S. 207).

Neben diesen Fragen führt Meyer (2005) auch weitere Interaktionsmöglichkeiten zur Gestaltung von LSG an. Dabei zielt der Autor vor allem darauf ab, dass Schülerinnen und Schüler mehr Freiraum für das eigene Agieren gegeben wird. Diese Möglichkeiten sind Impulse, aktives Zuhören und Schweigen. Beim Impuls handelt es sich um eine sehr offene Lehrerfrage, damit Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Gedanken zu einem Thema äußern können. Diese Methode kann auch Erstaunen, Provokation, Verfremdung oder eine Gegenthese beinhalten. Aktives Zuhören eignet sich, um Schülerinnen und Schülern bei der Formulierung zu helfen, wie beispielsweise durch Spiegelung von Äußerungen, um sich so auch den Denkbewegungen der Schülerinnen und Schüler anzunähern. Schweigen wird als sehr belastend für die Lehrkraft angesehen. Daher sollten Lehrkräfte besonders darauf achten, den Schülerinnen und Schülern ausreichend Zeit zum Überlegen zu geben (vgl. Meyer, 2005).

Von der Groeben (2009) stellt ein gutes LSG als ein fragiles Gebilde dar, welches Platz für spontane Interaktionen, unerwartete Wendungen, Kontroversen und Ideen haben sollte. In diesem Sinn kann ein LSG auch mit Risiko behaftet sein. Das Gespräch sollte über eine lange Zeit frei ablaufen und am Ende strukturiert abschließen.

Anschließend werden zwei unterschiedliche Varianten des LSG's thematisiert und deren Zwecke beschrieben. Die Eigenschaften initiativ und reaktiv beziehen sich auf die Aktionen des Lehrers oder der Lehrerin und wie diese im Dialog agieren.

4.2.1. Initiatives Verhalten der Lehrperson im LSG

Bei der initiativen Gesprächsgestaltung der Lehrkraft ist die Rollenverteilung von Beginn an festgelegt. Der Lehrer oder die Lehrerin stellt eine einleitende Frage und wartet auf die Reaktion der Schülerinnen und Schüler. Dieser Art des Fragens hat lange Tradition und eignet sich das Wissen der Schülerinnen und Schüler abzufragen. Mit diesem Verfahren kann die Lehrperson durch einen vorab festgelegten Plan der Unterrichtseinheit schreiten, ohne dabei große Umwege eingehen zu müssen (Chin, 2007).

Diese Art des LSG's wird in der Literatur meist als *I-R-E* beschrieben (vgl. Mehan, 1979, zit. nach van Zee & Minstrell, 1997). Diese Abkürzung steht für *Initiation – Response – Evaluation*. Die Initiation erfolgt durch die Lehrperson in Form einer geschlossenen Frage, danach geben die Schülerinnen und Schüler eine bereits erwartete, kurze Antwort. Anschließend evaluiert die Lehrperson diese Antwort, wobei falsche Antworten verbessert und richtige Antworten gelobt werden. Sollte die gegebene Antwort unerwünscht oder unerwartet sein, so fragen Lehrerinnen und Lehrer meist weiter, bis die erwartete und richtige Antwort gegeben wird. Die Schülerinnen und Schüler müssen die Richtigstellung der Antworten akzeptieren, ohne dass ein reflektierter Austausch darüber stattfindet. Danach wird die nächste Frage vorbereitet und gestellt. Das Interaktionsmuster ist klar als LehrerIn– SchülerIn– LehrerIn (abgekürzt: L-S-L) vorgeben und wird von der Lehrperson geleitet (Mortimer & Scott, 2003; van Zee & Minstrell, 1997).

Lemke (1990) bezeichnet diese Gesprächsform als *Triadic Dialog* und bezieht sich vor allem auf die Dreigliedrigkeit des Gesprächs. Das Interaktionsmuster nach Lemke (1990)

beinhaltet mehr Details als die I-R-E-Form und wird folgend dargestellt, wobei die fettgedruckten Begriffe als eigentliche Stütze des LSG's gelten (vgl. Lemke, 1990, S. 8):

[Teacher Preparation]

Teacher Question

[Teacher Call for Bids (Silent)]

[Student Bid to Answer (Hand)]

[Teacher Nomination]

Student Answer

Teacher Evaluation

[Teacher Elaboration]

Zuerst erfolgt eine Vorbereitung für die erste Frage. Nachdem diese gestellt wurde, können sich Schülerinnen und Schüler melden, um eine Antwort zu geben. Geben Schülerinnen und Schüler nach zuvor gehender Aufforderung eine Antwort, wird die Antwort von der Lehrperson bewertet. Diese Bewertung kann entweder positiv, neutral oder negativ sein. Erst nach einer positiven Bewertung setzt der Dialog fort. Eine anschließende Elaboration gibt zu der gegebenen Antwort der Schülerinnen und Schüler mehr Information (Lemke, 1990). Die gegebenen Antworten der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht enthalten häufig keine adäquate Fachsprache. Ødegaard und Klette (2012) fanden heraus, dass die Benutzung von beschreibender Alltagssprache für fachsprachliche Begriffe im Unterricht üblich ist und teilweise von der Lehrkraft nicht korrigiert, sondern weiter für Erklärungen verwendet wird.

Lemke (1990) empfiehlt diese Art der Unterrichtsstruktur, um ein neues Thema zu eröffnen, eine Wiederholung eines Themas durchzuführen oder eine Schritt-für-Schritt Anleitung zur Lösung eines neuen Problems zu geben. Chin (2007) stellt in ihrer Forschungsarbeit dar, welche Zwecke und Absichten diese Initiative Gesprächsform hat. Der Zweck diese Art der Gesprächsführung gilt vorrangig dem Evaluieren des Wissens der Schülerinnen und Schüler und eignet sich mit einer festgelegten Stundenstruktur durch den Unterricht zu schreiten. Die Art der Fragestellung hat analog zu I-R-E meist abrufenden und

geschlossenen Charakter mit bereits erwarteten kurzen Antworten. Der Lehrer oder die Lehrerin hat in diesem Unterricht die alleinige Befugnis ohne eine Besprechung die Antworten zu evaluieren (Chin, 2007).

4.2.2. Reaktives Verhalten der Lehrperson im LSG

Als Gegensatz zur eben beschriebenen initiativen Variante gilt der Ansatz der reaktiven Lehrerinnen- und Lehreraktion, wobei den Schülerinnen und Schülern mehr Freiraum und Eigenständigkeit zur Unterrichtsgestaltung gegeben wird.

Mortimer und Scott (2003) bezeichnen dieses reaktive Verhalten als *I-R-F* beziehungsweise als *I-R-F-R-F-Chain*. Die Abkürzung steht ebenfalls für Initiation und Response, allerdings erfolgt statt einer Evaluation (E) ein Feedback (F) des Lehrers oder der Lehrerin. Bei I-R-F-R-F-Ketten wiederholen sich Äußerungen von Schülerinnen und Schülern und das Feedback der Lehrperson über einen längeren Gesprächsverlauf. Typisch für diese Art des Dialogs ist, dass es so auch der Lehrerin oder dem Lehrer ermöglicht wird, in die Ideen der Schülerinnen und Schüler Einsicht zu nehmen.

Lemke (1990, S. 52) stellt diese Dialogform nach folgendem Muster dar, wobei fettgedruckte Begriffe wiederum im Gespräch hervorzuheben sind:

[Student Bid to Ask]

[Teacher Nomination]

Student Question

Teacher Answer

[Teacher Check-up]

[Student Response]

Im Vergleich zur weiter oben beschriebenen initiativen Interaktion ist ein Unterschied klar darin zu erkennen, wer die Frage stellt. Bei dieser Variante wird den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben zu sprechen, ohne dass eine zuvor gehende Frage der

Lehrperson eingeleitet wird. Schülerinnen und Schüler übernehmen bei diesem LSG die Initiative und teilen sich die Kontrolle des Dialogs mit der Lehrkraft. Bei diesem Muster können die Gesprächspartnerinnen und -partner auch unterschiedlicher Meinung sein und gemeinsam darüber diskutieren. Dieser Dialog kann dazu führen, dass ein Thema tiefer und tiefer durchdacht und aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet wird (Lemke, 1990).

Das so genannte *Reflective Toss* (vgl. van Zee & Minstrell, 1997) ist in diese Gesprächsgestaltung einzuordnen. Dieses Muster folgt einem S-L-S-Prinzip und übergibt die Verantwortung des Fragestellens an die Schülerinnen und Schüler. Meist besteht diese Dreigliedrigkeit aus einer kurzen Schülerinnen- oder Schüleräußerung, worauf eine Frage der Lehrkraft folgt, mit einer anschließenden längeren Schülerinnen- oder Schüleräußerung. Ziel der Frage ist Bedeutung der Äußerung einzufangen und die weitere Verantwortung für das Denken an die Schülerinnen und Schüler zurückzugeben. Die Frage der Lehrperson sollte offen gestellt sein, um eine abwägende Äußerung zu erlangen. Die Lehrerinnen- oder Lehrerfrage beeinflusst dabei das weitere Denken der Schülerinnen und Schüler, soll an deren Gedanken anknüpfen und für den weiteren Gesprächsverlauf hilfreich sein (van Zee & Minstrell, 1997). Alle Äußerungen der Schülerinnen und Schüler werden gelobt und besonders hervorgehoben, wenn sie die Meinung der Lehrperson herausfordern (Baird & Northfield, 1992, zit. nach van Zee & Minstrell, 1997). Die Äußerungen sollen anschließend von allen Schülerinnen und Schüler evaluiert werden. Der Reflective Toss kann als Einzelfrage eine Serie von weiteren Fragen bezwecken, um einen mehrgliedrigen Dialog zu implizieren (van Zee & Minstrell, 1997, S. 241).

Van Zee und Minstrell (1997) nennen drei wichtige Aspekte für den Einsatz des Reflective Toss: „*Helping students to make their meanings clear, to consider a variety of views in a neutral manner, and to monitor the discussion and their own thinking*“ (van Zee & Minstrell, 1997, S. 241). Die Lehrkraft soll den Schülerinnen und Schülern helfen ihre eigene Meinung verständlich auszudrücken und zu ordnen, unterschiedliche Sichtweisen erkenntlich zu machen und durch andere Schülerinnen und Schüler beurteilen zu lassen und eigene Gedanken weiter zu verfolgen. Diese Art der Interaktion eignet sich besonders um das Wissen der Schülerinnen und Schüler in den Mittelpunkt zu bringen und verschiedene Möglichkeiten des Urteilens und Bewertens zu ermöglichen (van Zee & Minstrell, 1997).

Chin (2007) führt in ihrem Artikel mehrere Arten der Fragestellung von Lehrerinnen und Lehrern an, die das produktive Denken der Schülerinnen und Schüler fördern sollen. Dabei unterscheidet die Forscherin zwischen vier Haupttypen von Fragen:

- *Socratic Questioning*
- *Verbal Jigsaw*
- *Semantic tapestry*
- *Framing*

Unter sokratischen Fragen versteht Chin (2007) eine Folge von Fragen, um das Denken der Schülerinnen und Schüler zu leiten und anzuregen. Dadurch wird veranlasst, dass Schülerinnen und Schüler Ideen aufgrund von Vorwissen und Argumenten begründen können. In dieses Spektrum an Fragen integriert die Autorin auch den Reflective Toss. Die Methode des *Verbal Jigsaw* meint Fragen, die den Fokus auf wissenschaftliche Begriffe und Schlüsselwörter legen, damit Schülerinnen und Schüler begründete Aussagen tätigen können. Diese Art empfiehlt sich für den Umgang mit neuen Begriffen und für Schülerinnen und Schüler mit schwächerer sprachlicher Begabung. *Semantic tapestry* soll Schülerinnen und Schülern helfen, deren verschiedene und ungeordnete Ideen unter einem Konzept zu gliedern und zusammenzufassen. Der Begriff bezieht sich auf die Metapher aus einzelnen Ideenflicken einen großen zusammengehörigen Teppich zu knüpfen. Auf diese Weise sollen abstrakte Ideen für Schülerinnen und Schüler zugänglicher gemacht werden. Unter *Framing* werden Fragen verstanden, die ein Problem oder einen Streitpunkt neu formulieren und anschließend eine Diskussion anleiten. Damit soll versucht werden Schülerinnen und Schülern die Verbindung zwischen der Frage und der anschließenden Information zu zeigen (vgl. Chin, 2007).

Neben Chin (2007) haben sich auch Hogan, Nastasi und Pressley (1999) in ihrer Forschung mit dem Verhalten von Lehrerinnen und Lehrern im LSG beschäftigt. Die Autoren und Autorinnen fanden heraus, dass sich vier Reaktionen von Lehrerinnen und Lehrern beim Gespräch häufen:

- *Requests Information*
- *Repeats and Elaborates*

- *Reacts*
- *Enculturates*

Unter *Requests Information* wird das Ermitteln und Erfragen von Informationen verstanden. Diese Art wird angewendet, um den aktuellen Fortschritt abzuklären, ein neues Thema zu erforschen oder sprachliche Klarheit einzufordern. Diese Fragen können Reflexion der Schülerinnen und Schüler veranlassen und sind entweder direkt gestellt oder in rhetorische Fragen eingegliedert. Der zweite Punkt *Repeats and Elaborates* befasst sich mit dem Neuformulieren und Wiederholen von Aussagen im LSG. Dadurch soll den Schülerinnen und Schülern das Verständnis erleichtert werden, da getätigte Aussagen klar und zusammenhängend zurückgegeben, eigene Äußerungen elaboriert und Sachverhalte zusammengefasst werden. Unter *Reacts* werden Äußerungen der Lehrperson verstanden, die Aussagen von Schülerinnen und Schülern bestätigen und in neutraler Weise akzeptieren, beispielsweise um Schülerinnen und Schülern verbal oder nonverbal Mut zur weiteren Äußerung zugeben. *Enculturates* bedeutet, dass sich die Lehrkraft an die Welt der Schülerinnen und Schüler anpasst und versucht deren Denkmuster zu verstehen. Darunter sind auch die Besprechung der Erwartung von Aufgaben der Schülerinnen und Schüler gefasst (vgl. Hogan et al., 1999).

Die reaktiven Muster des LSG's verfolgen den Zweck zu ermitteln, was Schülerinnen und Schüler denken, sie zu ermutigen ihre Gedanken zu elaborieren und konzeptionelles Wissen zu konstruieren. Lehrerinnen und Lehrer geben bei dieser Art des Gesprächs mehr Freiräume, um auf die Äußerungen von Schülerinnen und Schüler einzugehen und diese zu reflektieren, zu thematisieren und zu diskutieren. Die Fragen sind im Gegensatz zum I-R-E Muster offen und sollen die Schülerinnen und Schüler zu mehr Eigenverantwortung beim Denken leiten. Des Weiteren sind die Fragen komplexer und entstammen einer höheren Ordnung als bei der alternativen Gesprächsform. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler sind meist länger und benötigen teilweise verknüpfbares Wissen. Der Lehrer und die Lehrerin beurteilen die Äußerungen der Schülerinnen und Schüler in neutraler Weise und geben die Verantwortung der Evaluation von Fragen an die gesamte Klasse weiter (Chin, 2007). Im naturwissenschaftlichen Bereich löst die Existenz einer Antwort meist weitere Fragen aus. In diesem Sinn sollten Schülerinnen und Schülern auch von

Lehrpersonen motiviert werden weitere Fragen auf Antworten zu stellen und tiefer in ein Thema einzudringen (Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy, 1996, zit. nach Ødegaard & Klette, 2012).

Ødegaard & Klette (2012) sprechen der Lehrkraft eine große Überlegenheit der Aktivität im LSG zu und meinen, dass Schülerinnen und Schüler nur eine begrenzte Beeinflussbarkeit auf die Kommunikation haben. Die Autorinnen fanden in ihrer Studie heraus, dass die Anzahl der Initiative bei Fragen von Schülerinnen und Schülern und Lehrerinnen und Lehrern ähnlich ist. Dabei muss unbedingt betont werden, dass die meisten Fragen von Schülerinnen und Schüler die Organisation in der Schule betreffen oder die Erledigung einer Aufgabe betreffen, wie beispielsweise, ob das Tafelbild in das Heft übertragen werden soll. Schülerinnen und Schüler-Fragen bezüglich des fachlichen Inhalts sind verhältnismäßig selten (Klette, 2003, zit. nach Ødegaard & Klette, 2012).

Abschließend zu den beiden unterschiedlichen Verhaltensmustern des LSG's führt Lemke (1990) in seinem Buch an, dass eine S-L-S Interaktion seltener auftritt, als das traditionelle Gesprächsmuster L-S-L. Van Zee und Minstrell (1997) sprechen sich in ihrer Studie klar dafür aus, dass LSG's vermehrt nach dem Muster des Reflective Toss, anstatt I-R-E, ablaufen sollen, da diese Art erhebliche Vorteile für Schülerinnen und Schüler bringt, um deren eigenes, selbstständiges Denken zu fördern. Einige weitere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, darunter Dillon (vgl. Dillon, 1982, zit. nach Chin, 2007) meinen, dass I-R-E kontraproduktiv ist, wenn Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Gedanken preisgeben und formulieren sollen und raten ebenso von einem verstärkten Einsatz ab.

Ødegaard und Klette (2012) eruierten, dass die Lehrperson das LSG deutlich dominiert, wenn fachliche Inhalte besprochen werden, aber der Anteil der Schüler- und Schülerinnenteilnahme im Vergleich zu den Ergebnissen älterer Studien zunimmt.

Dieses Kapitel stellte den abschließenden Teil der Theoretischen Grundlagen dar. Im Anschluss beginnt die Darstellung der empirischen Untersuchung. Am Beginn dieses Abschnitts erfolgt die Beschreibung des Forschungsfeldes, in welchem die zur

Untersuchung herangezogenen Schule und deren Umfeld, sowie der Unterrichtsablauf und eine fachliche Erläuterung der eingesetzten Experimente dargestellt wird. Anschließend wird die Datenerhebung und der Forschungsansatz der Grounded Theory vorgestellt. Am Ende dieses Abschnitts erfolgt die Darlegung und Interpretation der analysierten Ergebnisse.

Teil II

Empirische Untersuchung

5. Beschreibung des Kontexts der empirischen Untersuchung

Am Beginn der Darstellung der empirischen Untersuchung erfolgt die Vorstellung des Forschungsfeldes. Diese beinhaltet die wichtigsten Fakten zur Schule⁸ und deren Umfeld, in welcher die Daten erhoben wurden. Anschließend werde ich die Forschungsfragen dieser Untersuchung anführen, um das Hauptaugenmerk der Analyse abzugrenzen. Daraufgehend werden die Datenerhebung und -auswertung angeführt. Ein wichtiger Aspekt der Datenerhebung bildet die Methode der Videographie, deren Darstellung in einem weiteren Abschnitt erfolgt. Des Weiteren werde ich die Auswahl der Videoszenen, die zur Untersuchung genutzt wurden, erläutern und begründen, welche Szenen analysiert wurden. Den Abschluss der Methodik bildet die Vorstellung des Grounded Theory Ansatzes, der zur Analyse und Interpretation der erhobenen Daten verwendet wurde.

5.1. Darstellung des Forschungsfeldes

Dieses Kapitel beinhaltet eine kurze Beschreibung des übergeordneten Projekts von Frau Dr. Simone Abels, in welches das Forschungsvorhaben eingebettet ist. Teile der Daten wurden in der vorliegenden Arbeit verwendet. Des Weiteren schließt dieser Abschnitt eine Erläuterung des konkreten Forschungsfeldes ein. Anschließend erfolgt eine Darstellung und fachliche Beschreibung der in dieser Arbeit analysierten Unterrichtseinheiten zu den Themen Elektrolyse von Wasser, Stofftrennung von Sand, Salz und Holzspänen und Destillation eines Alkohol-Wasser-Gemisches, welche an Level 1 beziehungsweise letztere beiden an Level 2 des Forschenden Lernens orientiert waren.

Meine Forschungsarbeit geht aus dem Forschungsprojekt von Frau Dr. Simone Abels (2015b) hervor. Frau Dr. Abels hat eine Kooperation mit der Inklusiven Wiener Mittelschule

⁸ <https://lws22.schule.wien.at/> [20.5.2015].

„Lernwerkstatt Donaustadt“ und begann nach Genehmigung des Stadtschulrates im Schuljahr 2013/14 mit ihren Untersuchungen an dieser Institution. Dabei erforscht sie den Umgang von Lehrerinnen und Lehrern mit heterogenen Lernvoraussetzungen von Schülerinnen und Schülern im naturwissenschaftlichen Bereich. Im Rahmen ihres Projektes wurde mir von Frau Dr. Abels die Möglichkeit gegeben, die von ihr im Chemieunterricht zur Untersuchung aufgezeichneten Videodateien für mein Forschungsvorhaben verwenden und analysieren zu dürfen.

5.1.1. Die Schule und ihr Umfeld

Die Lernwerkstatt Donaustadt ist eine Inklusive Wiener Mittelschule von der fünften bis zur achten Schulstufe im 22. Wiener Gemeindebezirk. Die Schule in ihrer heutigen Form entwickelte sich im Jahr 1997 aus einer Allgemeinen Sonderschule zu einer Mittelschule mit Integrationsklassen in Zusammenarbeit mit der Pädagogischen Hochschule Wien und besteht aus zehn Klassen mit bis zu 24 Schülerinnen und Schülern, wobei max. fünf Integrationskinder mit unter anderem geistiger oder körperlicher Behinderung, Autismus, ADHS oder Teilleistungsschwächen in das Unterrichtsgeschehen integriert sind. Des Weiteren werden zwei bis drei Schülerinnen oder Schüler der Klasse nach dem gymnasialen Lehrplan unterrichtet. Etwa 30 Prozent der Kinder in der Schule haben Migrationshintergrund. Ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler stammt aus einem Elternhaus mit niedrigem Bildungsniveau. Viele der Schülerinnen und Schüler benötigen, aufgrund von Lern- und Konzentrationsschwächen oder schweren Lebensbedingungen im häuslichen Umfeld, intensive Betreuung. Die Schule hat sich als Ziel gesetzt, alle Kinder einer Altersstufe, unabhängig vom sozialen Umfeld oder welche individuellen Lernvoraussetzungen sie mitbringen, in einer Klasse gemeinsam zu unterrichten (Minnerop-Haeler, 2013).

Der Umgang mit der Vielfalt und Heterogenität wird als große Herausforderung im Unterricht gesehen. Es ist daher von Nöten ein entsprechendes Angebot anzubieten, um auf die unterschiedlichen Fähigkeiten und Voraussetzungen eingehen zu können, damit alle Schülerinnen und Schüler bestmöglich gefördert werden können (Abels & Markic, 2013).

Um dieser Vielfalt, der Diversität der Schülerinnen und Schüler, bestmöglich gerecht zu werden, werden drei Hauptziele verfolgt. Erstens liegt ein besonderer Fokus im Unterricht darin, Lernkompetenz durch exemplarisches Lernen statt Stofffülle zu stärken. Zweitens jeden Schüler und jede Schülerin „nach den Begabungen, Talenten und Interessen zu qualifizieren und zu einem bestmöglichen Abschluss zu bringen“ (Minnerop-Haeler, 2013, S. 36). Und drittens „voneinander und miteinander zu lernen“, so dass alle Schülerinnen und Schüler am selben Tag am gleichen Thema lernen können (Minnerop-Haeler, 2013, S. 36).

Die Schule hat sich zur Aufgabe gemacht reformpädagogische und individuelle Lernmethoden einzusetzen, um Selbstständigkeit, Persönlichkeitsbildung und Eigenverantwortung zu fördern und zu stärken. In den ersten drei Schuljahren an der Schule (Schulstufe fünf bis sieben) findet alternative Leistungsbeurteilung (ohne Ziffernnoten) statt, um die Stärken der jeweiligen Schülerinnen und Schüler zu erkennen und zu entwickeln, sowie um Entwicklungspotentiale fördern zu können (Minnerop-Haeler, 2013). Ein weiterer wichtiger Anspruch der Schule ist das Lernen an der und über die Welt im entsprechend benannten Fach „Weltorientierung“. Unter diesem Aspekt arbeiten die Schülerinnen und Schüler im Zeitraum von zwei bis drei Wochen an einem Thema. Dieses kann selbstständig gewählt, oder von der Lehrkraft vorgegeben sein. Die Schülerinnen und Schüler sollen eigene Fragestellungen finden. In dieser Zeit ist Raum für selbstorganisiertes Lernen und forschende Aktivitäten (Minnerop-Haeler, 2013).

Ein spezielles Format des Unterrichts bietet die Lernwerkstatt an der Schule. Die Lernwerkstatt ist ein Raum mit unzähligen Materialien, Objekten und Phänomenen, welche die Lernlandschaft bilden. In diesem Raum ist genügend Platz für eigene Fragestellungen, Hypothesen, Untersuchungen und Experimente gegeben. Der Fortschritt wird von den Schülerinnen und Schülern in einem so genannten Forschungstagebuch festgehalten. Jährlich findet eine drei- bis fünf-tägige Lernwerkstatt für jede Klasse zu einem bestimmten Thema statt. Am Ende dieser Phase präsentieren die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse, wodurch auch deren Selbstbewusstsein gestärkt werden soll. Schülerinnen und Schüler sollen so einen Eindruck erhalten, wie Forscherinnen und Forscher vorgehen.

Themen für die Lernwerkstatt können sehr unterschiedlich sein, wie etwa „Wasser“, „Licht und Farbe“ oder „Kleines Leben ganz groß“ (Minnerop-Haeler, 2013).

Im Fachunterricht Chemie hatten die Schülerinnen und Schüler eine Stunde Unterricht pro Woche. Diese Stunden wurden immer geblockt und jede zweite Woche doppelstündig gehalten. Die Klassen wurden zu diesem Zweck geteilt, damit bei vollständiger Schülerinnen- und Schülerzahl jeweils nur zwischen neun und zehn Schülerinnen und Schüler gleichzeitig am Unterricht teilnahmen. Die andere Halbgruppe hatte parallel Computerunterricht im zweiwöchigen Rhythmus. Auf diese Weise wurde versucht noch individueller auf die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler einzugehen. Der Chemieunterricht wurde im Raum der Lernwerkstatt durchgeführt, sodass die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit hatten, alle vorhandenen Materialien, wie Luftballons, Glasgeräte, Bierdeckel, Magneten, etc. zu nutzen.

Im folgenden Abschnitt wird der Ablauf der untersuchten Unterrichtseinheiten und die analysierten Schülerinnen- und Schülergruppen beschrieben.

5.1.2. Beschreibung der untersuchten Klassen

Am Beginn dieses Abschnitts erfolgt eine kurze Übersicht der Rahmenbedingungen der untersuchten Klassen. Anschließend wird der Ablauf des Unterrichts beschrieben und auf eine fachliche Klärung der Unterrichtsexperimente⁹ eingegangen.

Für die Forschungsarbeit wurden zwei vierte Klassen (8. Schulstufe) der Inklusiven Mittelschule untersucht. Die Klassen wurden für den Chemieunterricht geteilt, sodass bei den untersuchten Einheiten lediglich sieben beziehungsweise neun Schülerinnen und Schüler zeitgleich experimentierten. Neben den Schülerinnen und Schülern befanden sich noch die Chemielehrerin und Frau Abels als Beobachterin im Raum.

⁹ Im Zuge dieser Diplomarbeit werde ich nicht zwischen einem Versuch und einem Experiment unterscheiden, sondern die beiden Begriffe synonym verwenden. Mir ist dennoch bewusst, dass in der fachdidaktischen Literatur die beiden Begriffe teilweise unterschieden werden.

Die Lehrerin hatte bereits viele Jahre Unterrichtserfahrung in einer Mittelschule (ehem. Hauptschule) und studierte Mathematik, Chemie, Physik und Informatik an einer Pädagogischen Hochschule. In einem informellen Gespräch¹⁰ mit Frau Abels erklärte die Lehrerin, dass sie besonderen Wert auf das Verständnis der Schülerinnen und Schüler einiger weniger Sachbereiche legt und dafür unter Umständen bestimmte Inhaltsbereiche des Curriculums weglässt. Die Lehrerin befürchtete, wenn sie den gesamten Inhalt unterrichten würde, dass die Schülerinnen und Schüler nur sehr wenig davon behalten könnten. Bei den untersuchten Einheiten handelte es sich um den regulären Chemieunterricht und nicht um die in dieser Schule besonderen Formate, wie z. B. Lernwerkstatt.

Die Schülerinnen und Schüler in den Unterrichtseinheiten wurden für die Datenanalyse geschlechterspezifisch nummeriert. Die Nummerierung hat keine weitere Bedeutung, sondern wurde chronologisch nach der Betrachtung der Videos vollzogen. Auf diese Weise sollen die Schülerinnen und Schüler anonymisiert und unkenntlich gemacht werden, um Datenschutzrichtlinien zu gewährleisten. Nachfolgende Auflistung soll zeigen, welche Schülerinnen und Schüler die gleiche Klasse besuchen: Sm1, Sm6, Sm7, Sm8, Sw1, Sw2, Sw3, Sw4, Sw5, Sw6 (Klasse A) und Sm2, Sm3, Sm4, Sm5, Sw8, Sw9, Sw10, Sw11 (Klasse B). Die Schülerinnen und Schüler besuchten den Chemieunterricht in den Halbgruppen in unterschiedlichen Konstellationen, die den Transkripten (s. Anhang A1) zu entnehmen sind.

5.1.3. Beschreibung des Unterrichtsablaufs

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Unterrichtseinheiten dargestellt, die für die Analyse verwendet wurden. Infolgedessen werden die angewendeten Experimente in Bezug zum jeweils gewählten Level des Forschenden Lernens beschrieben und anschließend fachlich erläutert.

¹⁰ Informelles Gespräch am 30.10.2013. Informelle Gespräche wurden kontinuierlich mit Audiogeräten unter Einverständnis der Lehrpersonen aufgezeichnet.

Zur Erforschung im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden drei Halbgruppen herangezogen, die in unterschiedlichen Unterrichtsettings zu unterschiedlichen Themen im Chemieunterricht jeweils X Schulstunden experimentierten. Die Themen der einzelnen Einheiten waren Elektrolyse von Wasser, Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs und Stofftrennung eines Gemischs aus Sand, Salz und Sägespänen. Der Unterrichtsablauf wurde nach dem Ansatz des Forschenden Lernens in zwei verschiedenen Level (Level 1 und 2; vgl. Abrams et al., 2007; Blanchard et al., 2010) ausgerichtet. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden die einzelnen Kleingruppen der untersuchten Schülerinnen und Schüler der jeweiligen Klassen als Elektrolysegruppe, Destillationsgruppe und Stofftrennungsgruppe bezeichnet.

5.1.3.1. Unterrichtseinheit zur Elektrolyse von Wasser

Die Chemieeinheit zur Elektrolyse von Wasser wurde nach dem Forschenden Lernen Level 1 (vgl. Abrams et al., 2007; Blanchard et al., 2010) durchgeführt. Am Unterricht nahmen ein Schüler und sechs Schülerinnen teil. Die Experimentierphase war in Kleingruppenarbeit organisiert. Am Beginn des Unterrichts wurde eine Kleingruppe, bestehend aus drei Schülerinnen, die mit den Kürzeln Sw4, Sw5 und Sw6, gekennzeichnet wurden, untersucht. Im weiteren Verlauf liegt der Fokus der Forschung auf einer Kleingruppe aus Sm1 und Sw1, da diese Gruppe schneller arbeitete als die beiden anderen Gruppen und die Lehrerin dieser Gruppe mehr Zeit widmete. Der Forschungsfokus liegt auf dem Lehrpersonen handeln.

Die Schülerinnen und Schüler bekamen Level 1 entsprechend die Fragestellung und das Untersuchungsdesign von der Lehrerin vorgegeben. Die anfängliche Fragestellung entsprach eher einem Statement der Lehrerin „Wir werden einfach Strom durch Wasser durchschicken und wir werden schauen was passiert“ [MOV001_16:05]¹¹. Nach der Einleitung wurde den Schülerinnen und Schülern gezeigt, wie sie Elektroden aus Spritzen und Sicherheitsnadeln selbstständig in den Kleingruppen anfertigen. Dazu mussten sie die

¹¹ Die Bezeichnung in der eckigen Klammer bezieht sich auf den Titel des aufgenommenen Videos, sowie folgend die Abspielzeit, in welcher die Aussage getätigt wurde.

obere kleine Öffnung der Spritzen mit einer Sicherheitsnadel mit Hilfe einer Kerze luftdicht zusammen schmelzen, damit in der weiteren Folge des Versuchs keine Gasbläschen durch dieses Loch austreten konnten. Ein Transformator verringerte die Spannung von 230 auf zwölf Volt. Die Schülerinnen und Schüler lösten Soda (Natriumcarbonat, Na_2CO_3) mit Wasser in einem Becherglas, um die Leitfähigkeit des Wassers zu erhöhen. Anschließend wurden detaillierte Anleitungen ausgegeben, die zeigten, wie das gesamte Untersuchungsdesign aufgebaut werden musste. Die Schülerinnen und Schüler bauten gemeinsam die Versuchsanordnung nach Vorgaben auf einem Tisch auf. Nachdem das Experiment gestartet wurde, beobachteten sie abwechselnd das Experiment alleine in der Gruppe und gemeinsam mit der Lehrerin (s. Abb. 2).



Abbildung 2: Eine der drei Elektrolysegruppen beobachtet das Experiment (Canon_HD_00010.mts_15:27)

Nachdem der Versuch einige Zeit lief, bemühte sich die Lehrerin Interpretationen des Ergebnisses der Schülerinnen und Schüler herauszufinden, die nach dem Modell des Forschenden Lernen auf Level 1 selbstständig von den Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten sind (vgl. Abrams et al., 2007; Blanchard et al., 2010). Bei der Ergebnisinterpretation der Schülerinnen und Schüler sollte vor allem auf die Phänomene in den Spritzen eingegangen werden. Nachdem einige Vermutungen vorgeschlagen wurden, wurde ein Arbeitsblatt zum Thema Elektrolyse von Wasser an die Schülerinnen und Schüler ausgegeben und im Plenum gemeinsam besprochen. Auf diesem Arbeitsblatt waren eine Geschichte von Henry Cavendish und der chemische Zusammenhang von Wasserstoff, Sauerstoff und Wasser vermerkt. Der Diskurs mit der Lehrerin während des Experimentierens wird im Ergebnisteil dieser Arbeit analysiert und interpretiert.

Der Abschluss der Einheit war von der Frage geleitet, in welcher Spritze welches Gas entstand und wie dies erkennbar sei. Die Schülerinnen und Schüler notierten ihre Vermutungen und überprüften diese mit der Knallgasprobe für Wasserstoff und der Glimmspanprobe für Sauerstoff. Das nötige Wissen für diese Überprüfungen erhielten die Schülerinnen und Schüler von dem Arbeitsblatt, einer Reaktionsgleichung an der Tafel und der Lehrerin. Mit der Verknüpfung von theoretischem Wissen und den praktischen Versuchen wird ein Ziel von Experimenten im Unterricht nach Tesch (2005) verfolgt. Des Weiteren bietet dieser Abschnitt des Experimentierens der Lehrerin die Möglichkeit zu erkennen, inwiefern die Schülerinnen und Schüler die Elektrolyse von Wasser bezüglich der Gasmenge in der Spritze und der Reaktionsgleichung $[2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2]$ verstanden haben (vgl. Tesch, 2005).

Fachliche Beschreibung der Elektrolyse von Wasser

Bei der Elektrolyse von Wasser wird Wasser durch angelegten Gleichstrom mittels eines Transformators, der die Nennspannung von 230 Volt auf zwölf Volt verringert, in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt. Dazu werden zwei Elektroden, Kathode (Minuspole) und Anode (Pluspol), benötigt. Die Elektroden im durchgeführten Versuch der Klasse bestanden aus herkömmlichen Spritzen und Sicherheitsnadeln, die luftdicht zusammen geschmolzen

wurden. Nachdem der Stromfluss eingeschaltet wurde, reagiert Wasser an der Kathode zu Wasserstoff und an der Anode zu Sauerstoff. Die entsprechenden Teilreaktionen finden an der Kathode $[2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{ OH}^-]$ und an der Anode $[2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-]$ statt. Es resultiert die Gesamtreaktion $[2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2]$. Die Elektroden sind durch das entstandene Gasvolumen zu unterscheiden. An der Kathode entsteht die doppelte Menge an Gas im Vergleich zur Anode, da aus zwei Mol Wasser zwei Mol Wasserstoff und ein Mol Sauerstoff entstehen.

Die entstandenen Gase können durch die Glimmspanprobe und Knallgasprobe nachgewiesen werden. Bei der Glimmspanprobe wird die Spritze mit Sauerstoff mit der Öffnung nach oben gehalten und ein glimmender Holzspan hinein geführt. Der Holzspan glimmt dabei stärker auf oder beginnt aufgrund des Sauerstoffs zu brennen. Die Öffnung der Spritze muss nach oben zeigen, da Sauerstoff eine höhere Dichte als Luft hat und daher in der Spritze nach unten sinkt. Die Knallgasprobe dient zum Nachweis von Wasserstoff. Die Spritze wird mit der Öffnung nach unten über eine Kerze gehalten. Dabei reagiert der Wasserstoff in der Spritze mit dem Sauerstoff der Luft. Die Reaktion ist durch einen Knall hörbar, sowie durch kleine Wassertröpfchen innerhalb der Spritze sichtbar, da Wasserstoff bei der Reaktion mit dem Sauerstoff in der Luft zu Wasser reagiert und Energie freisetzt. Die Spritze muss mit der Öffnung nach unten gehalten werden, da Wasserstoff, als leichtestes Gas, aufsteigt und sich im oberen Bereich der Spritze sammelt.

5.1.3.2. Unterrichtseinheit zur Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs

Der Chemieunterricht zur Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs wurde nach Level 2 des Forschenden Lernens (vgl. Abrams et al., 2007; Blanchard et al., 2010) strukturiert. Als Alkohol wurde Brennsprit (96% Ethanol) verwendet. An dieser Einheit nahmen vier Schülerinnen und fünf Schüler teil und arbeiteten in drei gleich großen Gruppen. Die für die Forschung herangezogene Gruppe bestand aus drei Schülern, die mit Sm3, Sm4 und Sm5 kodiert wurden. Die Schülergruppe interagierte sowohl schülerintern untereinander, als auch mit der Lehrerin.

Beim Ansatz des Forschenden Lernens auf Level 2 wird Schülerinnen und Schüler lediglich die Fragestellung vorgegeben. Die Schülerinnen und Schüler müssen selbstständig das Untersuchungsdesign planen und die Ergebnisinterpretation vornehmen (vgl. Abrams et al., 2007; Blanchard et al., 2010). Die Lehrerin gab in diesem Setting die Fragestellung mit folgenden Worten vor: „Wir trennen Wasser vom Alkohol, vom Spiritus. Okay, wie tun wir das?“ [Canon_00044_5:58]. Die vorgegebene Aufgabe war 60 Milliliter Wasser mit 40 Milliliter Alkohol, beziehungsweise im Handel erhältlichen Spiritus, selbstständig zu mischen. Anschließend soll das Gemisch von den Schülerinnen und Schülern nach eigenen Vorstellungen getrennt werden. Zur Hilfestellung hatten die Schülerinnen und Schüler ein Arbeitsblatt zur Verfügung, auf welchem unterschiedliche Stoffe und deren Eigenschaften, wie Siedepunkte, vermerkt waren. Der Siedepunkt von Ethanol war mit 78 Grad Celsius, jener von Wasser mit 100 Grad Celsius, angegeben. Material war im Raum vorhanden, wie unter anderem Erlenmeyerkolben, Stopfen, Koffer mit weiteren Glasgeräten und Stativen.

Die Schülerinnen und Schüler erhielten in den Kleingruppen Zeit sich ein mögliches Versuchsdesign zu überlegen. Die Überlegungen zum Trennen der beiden Substanzen basierten auf den unterschiedlichen Siedepunkten von Wasser und Alkohol. Die Kleingruppen bauten anschließend nach Absprache mit der Lehrerin die Apparatur auf. Die einzige Vorgabe bezüglich der Geräte war die Verwendung eines Stopfens mit zwei Löchern, um in einem ein Thermometer befestigen zu können. Die aufgebauten Apparaturen der einzelnen Kleingruppen waren sich in der Funktionsweise ähnlich, sahen aber unterschiedlich aus. Die Gruppen bauten mittels Drahtnetz, Klemmen und Stativ die Basis der Destillationsanlage. Das Wasser-Alkohol-Gemisch wurde durch einen Gasbrenner zum Sieden gebracht. Die Temperatur wurde durch das vorgegebene Thermometer überprüft. Die Schülerinnen und Schüler wählten mit Absprache der Lehrerin ihr Temperaturfenster. Das entstandene Gas wurde durch verschiedene Varianten an Rohr- oder Schlauchsystemen, teilweise gekühlt, in ein Auffanggefäß geleitet. Die Lehrerin hielt sich im Raum bei den verschiedenen Gruppen auf und überprüfte die Handhabung der Apparaturen. Die Schüler und Schülerinnen unterhielten sich in ihren Kleingruppen abwechselnd alleine und mit der Lehrkraft über weitere Vorgehensweisen und den Verlauf des Experiments.

Der Versuchsaufbau der zur Forschung herangezogenen Schülergruppe ist in Abbildung 3 ersichtlich. Die Schülergruppe baute ein Gerüst aus einem Stativ, Klemmen, einem Drahtnetz und einem Stativring zur Stabilisation auf. Der Brenner wurde unterhalb des Netzes platziert und musste durch Metallbacken erhöht werden, um den Destillierkolben mit dem Wasser-Alkohol-Gemisch zu erreichen. Der Kolben wurde durch einen Stopfen mit zwei Bohrungen verschlossen. In einer Bohrung war das Thermometer platziert, welches die Flüssigkeit berührte und diese Temperatur maß. Die Gruppe wählte zuerst eine Temperatur von unter 80 Grad Celsius und im weiteren Verlauf des Experiments eine Temperatur von unter 100 Grad Celsius. In der zweiten Bohrung des Stopfens war ein gebogenes Glasrohr befestigt, welches das entstandene Gas weiterleiten sollte. Das Verbindungsrohr zwischen Destillierkolben und dem Auffangbecherglas wurde mehrfach gestückelt, um die Konstruktion bis in das Becherglas reichen zu lassen, damit das Destillat nicht aus größerer Entfernung in das Becherglas tropfte. Dazu wurden unterschiedliche Überlegungen herangezogen. Die in der Abbildung ersichtlichen Papierhandtücher wurden mit Wasser durchnässt und zur Kühlung des Glasrohres genutzt. Der Gummilappen am Becherglas sollte dieses so weit wie möglich abdichten, sodass kein Dampf aus dem Becherglas entweichen kann. Der am Bild ersichtliche Messzylinder diente dem Auffangen von den Tropfen, die von den Kühllappen tropften.



Abbildung 3: Apparaturaufbau der Schülergruppe (Panasonic_00001.mts_17:41)

Das Ende der Experimentierphase war danach strukturiert, wie das Ergebnis des Experiments interpretiert und nachgewiesen werden konnte. Die Schülergruppe verhandelte unterschiedliche Möglichkeiten und zündete schließlich den brennbaren Alkohol, beziehungsweise das entstandene konzentrierte Alkohol-Wasser-Gemisch, zum Nachweis an. Die Schülerinnen und Schüler hatten diese Information durch genutztes Vorwissen.

Fachliche Beschreibung der Destillation eines Alkohol-Wasser-Gemischs

Bei der Destillation eines Gemischs aus Wasser und Alkohol werden die unterschiedlichen Siedepunkte zur Trennung herangezogen. Bei der Destillation handelt es sich genau genommen, um eine physikalische Trennung. Dennoch wird diese Trennmethode ein fester Bestandteil des Chemieunterrichts einer achten Schulstufe. In diesem Fall wurden 60 Milliliter Wasser und 40 Milliliter Ethanol (Verhältnis 3:2) gemischt. Im Chemieunterricht der Pflichtschule wird dabei vernachlässigt, dass diese Mischung keine 100 Milliliter an Gemisch ergeben. Der verwendete Spiritus mit 96% vergälltem Ethanol hat einen Siedebereich von etwa 78 Grad Celsius, Wasser unter Vernachlässigung des genauen Luftdrucks von annähernd 100 Grad Celsius. Dabei werden der umgebene Luftdruck, sowie die azeotrope Eigenschaft und der azeotrope Punkt vernachlässigt. Eine Destillationsapparatur wird ähnlich wie jene der Schülergruppe auf der Abbildung aufgebaut. Dabei ist wesentlich, dass die Temperatur der Gasphase am oberen Ende des Destillierkolbens gemessen wird, da ansonsten nur die Temperatur der Flüssigkeit bemerkt wird. Die Temperatur sollte den Siedepunkt von Ethanol nicht überschreiten, da ansonsten vermehrt Wasseranteile in die Gasphase übergehen. Flüssigkeiten beginnen bereits vor Erreichen der Siedetemperatur gasförmig zu werden. Die Temperatur bleibt beim Siedebereich von Ethanol eine gewisse Zeit konstant und steigt erst, nachdem Ethanol verdampft ist. Das Flüssigkeitsgemisch (es geht immer ein Teil Wasser mit über) verdampft und wird über das Verbindungsrohr in das Auffangbecherglas geleitet. Das aufsteigende Gas kondensiert im Verbindungsrohr und läuft das Verbindungsrohr hinunter, das durch die umgebende Luft gekühlt wird. Im Idealfall wird das Verbindungsrohr zusätzlich gekühlt, etwa durch ein geeignetes Kühlrohr mit Wasserdurchlauf. Das entstandene Destillat enthält ausreichend Ethanol, um sich bei Raumtemperatur entzünden zu lassen und so als brennbare Flüssigkeit nachgewiesen werden zu können. Je höher die Temperatur beim destillieren ist (über 78 Grad Celsius), desto höher ist der Wasseranteil im Destillat.

5.1.3.3. Stofftrennung eines Gemischs aus Sand, Salz und Sägespänen

Die Chemieeinheit zum Thema Stofftrennung eines Gemischs aus Sand, Salz und Sägespänen ist nach Level 2 des Forschenden Lernens (vgl. Abrams et al., 2007; Blanchard et al., 2010) geplant und durchgeführt worden. An diesem Thema arbeiteten sechs Schülerinnen und vier Schüler in einer Zweier- und zwei Vierergruppen. Die für diese Abhandlung untersuchte Kleingruppe bestand aus vier Schülern mit den Codes Sm1, Sm6, Sm7 und Sm8.

Nach Abrams et al. (2007) und Blanchard et al. (2010) haben die Schülerinnen und Schüler bei diesem Setting sowohl die Erstellung eines Untersuchungsdesigns als auch die Interpretation der Ergebnisse selbstständig durchzuführen. Die Lehrkraft gibt lediglich die Forschungsfrage vor.

Die Schülerinnen und Schüler erhielten am Beginn der Stunde ein Informationsblatt, auf dem einige Stoffe und ihre Eigenschaften, wie beispielsweise Dichte und Löslichkeit, vermerkt sind. Die Lehrerin erteilte folgenden Auftrag: „Die Aufgabe die ihr habt ist folgende, zuerst vermengt ihr die drei Stoffe (...) und dann am Ende der Stunde hab ich da das Holz da den Sand da das Salz“ [00001_00:40]. Die Schülerinnen und Schüler erhielten in ihren Gruppen eine kleine Menge Sand, Salz und Sägespäne und mussten die drei Substanzen vermischen. Die Lehrerin überließ den Schülerinnen und Schülern die Entscheidung eines geeigneten Versuchskonzepts. Die unterschiedlichen Gruppen dieser Einheit agierten mit unterschiedlichen Mitteln, um die vermengten Stoffe zu trennen. Die Gruppen teilten der Lehrerin ihre Vermutungen und gegebenenfalls Erklärungen dazu mit.

Die beobachtete Burschengruppe fügte dem Gemisch Wasser hinzu, um die leichteren Sägespäne zum Schwimmen zu bringen und vom Sand und Salz zu trennen. Die Gruppe schöpfte die Sägespäne mit Bierdeckeln¹² ab und trennte so den ersten Stoff (s. Abb. 4).

¹² Aus den verfügbaren Materialien des Lernwerkstattraumes.



Abbildung 4: Die Schüler schöpfen die Sägespäne mit einem Bierdeckel aus dem Holz-Sand-Salz-Wasser-Gemisch (MOV001.mod_32:22)

Im übrig gebliebenen Sand-Salz-Wasser-Gemisch löste sich das Salz im Wasser. Anschließend wurde das Gemisch mit einem Kaffeefilter filtriert, um den Sand und das Salzwasser zu trennen. Der Sand blieb im Filter zurück und das Salzwasser konnte als Filtrat aufgefangen werden. Im letzten Schritt wurde das Salzwasser in einem Kochtopf auf einer Kochplatte erhitzt und das Wasser verdampft. Ein weißer, kristalliner Feststoff war als Rückstand im Topf zu erkennen. Die Lehrerin führte mehrere Diskurse mit den Einzelgruppen und erkundigte sich nach dem Vorhaben und dem Ablauf des Experimentierprozesses. Am Ende der Stunde konnte die Burschengruppe die drei zuvor vermengten Stoffe Salz, Sand und Holz getrennt vorweisen.

Fachliche Beschreibung der Stofftrennung eines Sand-Salz-Sägespänen-Gemischs

Bei der Trennung von Salz (Natriumchlorid, NaCl), Sand (vermutlich Quarzsand aus Siliciumdioxid, SiO_2) und Holz als Sägespäne werden die jeweiligen Eigenschaften der Stoffe verwendet. Eine Trennung aufgrund physikalischer Eigenschaften, ist erst nach der Zugabe

von Wasser möglich. Der erste Trennschritt ist möglich, da die Sägespäne eine geringere Dichte als die anderen Stoffe haben und auf dem Wasser schwimmen. Die schwimmenden Sägespäne können beispielsweise mit einem Sieb, Rechen oder eben Bierdeckeln abgeschöpft werden. Eine weitere Gruppe verwendete dazu einen Luftballon, den sie zuvor durch Reibung elektrostatisch aufgeladen hatten. Es ist zu erkennen, dass Schülerinnen und Schüler durch Einfallsreichtum mit verschiedenen Ansätzen zur Lösung kommen können und mehr Lösungsstrategien als ausgebildete Lehrerinnen und Lehrer kommen können. Zweitens spielt die Wasserlöslichkeit von Kochsalz eine bedeutende Rolle. Kochsalz löst sich im Gegensatz zu Sand im Wasser, wodurch ein Sand-Salz-Wasser-Gemisch mit einem feinen Filter getrennt werden kann. Die Poren des Filters müssen zumindest so klein sein, dass die Sandkörner nicht durch passen. Anschließend muss das Salz aus dem Wasser getrennt werden. Dazu wird die Salz-Wasser-Lösung so lange erhitzt, bis das Wasser komplett verdampft ist und das Salz als Rückstand bleibt.

Dieses Kapitel stellte die einzelnen Unterrichtseinheiten vor, die zur Forschung herangezogen wurden. Im folgenden Abschnitt wird die Forschungsfrage angeführt und beschrieben.

5.2. Beschreibung der Forschungsfrage

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Verhalten einer Lehrerin mit ihren Schülerinnen und Schülern im Unterricht. Die vorliegende Untersuchung erforscht die Interaktion zwischen einer Chemielehrerin und Schülern und Schülerinnen in Kleingruppen während des Experimentierens im LehrerInnen-SchülerInnen-Gespräch und arbeitet erkennbare Ziele und Muster in diesem Gespräch heraus. Dabei liegt ein Schwerpunkt darauf, wie diese Ziele verhandelt werden und den Unterricht strukturieren.

Das Unterrichtssetting ist nach dem Ansatz des Forschenden Lernens auf unterschiedlichen Level ausgerichtet, bei dem Experimente von Schülerinnen und Schülern als wichtige

Erkenntnismethode im Unterricht im Fokus stehen (Höttecke, 2001). Es werden Level 1 und Level 2 des Forschenden Lernens im Unterricht herangezogen. Die unterschiedlichen Formen sollen in dieser Arbeit kontrastiert werden und mögliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede in diesen Settings bezüglich des Lehrpersonenhandelns erkenntlich zu machen. Wie bereits im Kapitel 2 dieser Arbeit erwähnt besteht der wesentliche Unterschied der beiden Level in der Verantwortung der Erstellung des Forschungsdesigns. Bei Level 2 müssen die Schülerinnen und Schüler durch Eigeninitiative und Überlegungen zu einer möglichen Untersuchungsdurchführung kommen. Bei Level 1 wird dieser Aspekt von der Lehrkraft übernommen. In diesem Zusammenhang sollen die unterschiedlichen Ziele, die sowohl die Lehrerin, als auch die Schülerinnen und Schüler verfolgen, untersucht werden, die im Fokus stehen, um das jeweilige Unterrichtssetting zu durchlaufen. Des Weiteren soll erforscht werden, welche Motive das Handeln der Schülerinnen und Schüler beim Durchführen eines Experiments leiten, um zu erkennen, ob für viele Schülerinnen und Schüler reines Beobachten und Tun, ohne vertiefenden Inhalt, im Vordergrund steht (vgl. Krajcik et al., 1988). Die Datenanalyse wird nach dem Ansatz der Grounded Theory nach Kathy Charmaz (2006) vorgenommen.

Aus diesen Überlegungen heraus bildete sich folgende zentrale Forschungsfrage für diese Diplomarbeit:

Welche Ziele der Lehrerin und der Schülerinnen und Schüler sind während des Experimentierens beim Forschenden Lernen im LehrerInnen-SchülerInnen-Gespräch rekonstruierbar?

Neben diesem Fokus stehen weitere Fragen im Zentrum der Forschung:

Wie verhandeln die Lehrerin und die Schülerinnen und Schüler ihre unterschiedlichen Ziele beim Forschenden Lernen während des Experimentierens im LSG?

Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede ergeben sich in der Interaktion der Lehrerin mit den Schülerinnen und Schülern beim Forschenden Lernen zwischen Level 1 und Level 2 während des Experimentierens?

Um der Beantwortung dieser Fragen nachzugehen wird explorativ mit einer begrenzten Zahl von Fällen (= Unterrichtseinheiten) gearbeitet, welche im vorhergehenden Kapitel dargestellt wurden. Die gewonnenen Resultate sind am Ende dieser Abhandlung im Ergebniskapitel dargestellt.

Im anschließenden Abschnitt wird die Methode der Datenauswertung und -erhebung vorgestellt und beschrieben. Bei der Arbeit handelt es sich um eine Videoanalyse, die mit Hilfe des qualitativen Ansatzes der Grounded Theory durchgeführt wurde.

6. Datenerhebungs- und Auswertungsmethoden

In diesem Kapitel wird die Erhebung und Auswertung der Daten erläutert. Am Beginn erfolgt die Beschreibung, welche und auf welche Weise die untersuchten Daten erhoben wurden. In diesem Zusammenhang erläutere ich anschließend, welche Szenen für die Untersuchung dieser Diplomarbeit ausgewählt wurden und werde die dafür entstandenen Auswahlkriterien darstellen. Im Anschluss an eine begründete Szenenauswahl erfolgt eine allgemeine Beschreibung von Videoanalysen, welche die darin enthaltenen Vorteile für das hier verwendete Untersuchungsdesign ausdrückt. Der darauf anschließende Teil dieses Abschnitts stellt den gewählten Forschungsansatz der Grounded Theory vor. Dieser qualitative Ansatz ist an die Variante von Kathy Charmaz (2006) angelehnt.

Im Sinne der Grounded Theory wurden die erhobenen Daten in verschiedenen, nacheinander folgenden Phasen untersucht. Zuerst erfolgte eine Analyse von ersten Abschnitten der Elektrolyseeinheit und der gesamten Destillationseinheit. Nachdem diese kodiert waren und sich erste Hypothesen herausbildeten, wurden weitere Phasen der Elektrolysestunde und anschließend die Daten zur Stofftrennungseinheit analysiert und interpretiert. Auf diese Weise wurde ein ständiger Wechsel zwischen Datenerhebung, -auswertung und Theoriebildung angestrebt (u.a. Charmaz, 2006, 2011; Mey & Mruck, 2007). Im Zusammenhang dieser Diplomarbeit greife ich auf das Audio- und vor allem Videomaterial zu, welches von Frau Dr. Abels im Zuge ihres Projekts erhoben wurde. Diese aufgezeichneten Unterrichtsszenen wurden von mir sorgfältig transkribiert und analysiert. Die Kodierung erfolgt in dieser Diplomarbeit mittels Tabellen und Kommentaren in Microsoft Word 2013.

6.1. Beschreibung der Datenerhebung

Die zur Untersuchung verwendeten Daten dieser Arbeit entstammen den Video- und Tonaufzeichnungen von Frau Dr. Simone Abels, die im Zuge ihres Habilitationsprojekts (Abels, 2015b) mit Genehmigung des Stadtschulrates in Kooperation mit der Wiener

Mittelschule „Lernwerkstatt Donaustadt“ erhoben wurden. Im Rahmen des Projekts von Frau Dr. Abels wurde mir gestattet ihre Aufzeichnungen für diese Diplomarbeit zu nutzen.

Die digitalen Aufzeichnungen wurden im Lauf des Schuljahres 2013/14 an zwei vierten Klassen (8. Schulstufe) gefertigt. Dazu standen Frau Dr. Abels jeweils drei Kameras an unterschiedlichen Positionen im Raum zur Verfügung, um den größten Teil des Raumes einfangen zu können. Zusätzlich zu den Kameras trugen die Lehrerin und Frau Abels selbst als Beobachterin in manchen Situationen ein Mikrophon um den Hals, um Gespräche deutlicher aufnehmen zu können. Bei dem aufgezeichneten Datenmaterial wurden sämtliche Gespräche in der Klasse aufgezeichnet.

Die aufgezeichneten Gespräche und Handlungen auf dem Bild- und Tonmaterial wurden von mir beziehungsweise teilweise von Frau Dr. Abels nach bestem Gewissen nach den Transkriptionsregeln der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg¹³ und dem Werk von Kuckartz, Dresing, Rädiker und Stefer (2007) angefertigt. Gespräche wurden im Dialekt und lautsprachlich transkribiert. Einige Gespräche und Handlungen waren durch Tonüberlagerung beziehungsweise Verdeckungen im Bild eingeschränkt und wurden nach bestmöglichem Verstehen transkribiert. Nebengeräusche und -gespräche, die nicht mit der im Fokus stehenden Konversation zusammenhängen, wurden im Transkript nicht berücksichtigt. In den Transkripten werden Aussagen der Lehrerin fett markiert, um eine bessere Lesbarkeit zu erzielen. Die verwendeten Transkripte sind im Anhang nach den unterschiedlichen Unterrichtseinheiten ersichtlich.

Die Kodierung der Transkripte setzt sich folgend zusammen und soll an einem Beispiel erklärt werden. Das Transkript mit der Bezeichnung „E1_4a_Lv1_CanonHD_00010_11:32_14:22“ bedeutet: E für Elektrolyse, 1 für den ersten Transkriptionsabschnitt, 4a bezeichnet die Klasse, Lv1 das Level des Forschenden Lernens, CanonHD steht für die verwendete Kamera, die Nummer danach bezeichnet das verwendete Video und die Zeiten am Ende stehen für den Beginn und das Ende des

¹³ Transkriptionsregeln der PH Ludwigsburg.

Online unter: <http://www.ph-ludwigsburg.de/uploads/media/transkriptionsregeln.pdf> [15.4.2015].

Abschnitts. Auf diese Weise sollen alle verwendeten Abschnitte am Video nachvollzogen und rasch gefunden werden können.

Die anwesenden Schüler und Schülerinnen wurden mit Sm für männliche Schüler beziehungsweise Sw für weibliche Schüler und aufsteigenden Nummern kodiert. Die Nummern haben keinerlei Bedeutung für Einschätzungen oder Interpretationen irgendwelcher Art, sondern wurden chronologisch durchlaufen. Aussagen, die aus verschiedenen Gründen keiner Schülerin oder keinem Schüler eindeutig zugeordnet werden konnten, wurden mit SwX beziehungsweise SmX kodiert. Die Lehrerin wurde in den Aufzeichnungen mit L bezeichnet.

Die folgenden drei Tabellen zeigen wichtige Parameter, wie Aufnahmedatum, -ort, Klasse und Anzahl an Schülerinnen und Schüler der einzelnen Einheiten zu Elektrolyse von Wasser, Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs und Stofftrennung eines Gemischs aus Sand, Salz und Sägespänen.

Elektrolyse von Wasser	
Datum	21.3.2014
Ort	Wiener Mittelschule „Lernwerkstatt Donaustadt“
Raum	Lernwerkstatt mit Arbeitstischen und -materialien zum Experimentieren
Klasse	4a
Schulfach	Chemie
SchülerInnen und Kleingruppen im Raum	1 Schüler und 6 Schülerinnen in 3 Kleingruppen
Weitere Personen im Raum	Lehrerin, Beobachterin
Materialien	Transformator, Bechergläser, Elektroden (Sicherheitsnadeln und Spritzen), Wasser, Soda, Holzspan, Kerze/Feuerzeug
Forschendes Lernen	Level 1
Sozialform und Methoden	Experimentieren in Kleingruppen
Verwendetes Datenmaterial	Canon_MOV001; Canon_MOV002; CanonHD_00010; CanonHD_00011; CanonHD_00012; Panasonic_00103
Verwendete Transkripte	E1_4a_Lv1_CanonHD_00010_11:32_14:22 E2.1_4a_Lv1_CanonHD_00010_20:52_22:08 E2.2_4a_Lv1_CanonHD_00011_00:00_00:56

	E3_4a_Lv1_Canon_MOV002_19:32_30:55
	E4_4a_Lv1_Canon_MOV002_31:33_37:28

Tabelle 2: Aufnahmeparameter zur Unterrichtseinheit zu Elektrolyse von Wasser

Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs	
Datum	30.10.2013
Ort	Wiener Mittelschule „Lernwerkstatt Donaustadt“
Raum	Lernwerkstatt mit Arbeitstischen und -materialien zum Experimentieren
Klasse	4b
Schulfach	Chemie
SchülerInnen und Kleingruppen im Raum	4 Schüler und 5 Schülerinnen in 3 Kleingruppen
Weitere Personen im Raum	Lehrerin, Beobachterin
Materialien	u.a. Stativ, Kochtöpfe, Glasrohre, Stativring, Drahtnetz, Messzylinder, Gummilappen, Verbindungsgelenke, Thermometer, Stehkolben, Brenner, Metallbacken, Bechergläser, Papiertücher, Feuerzeug, feuerfestes Tablett
Forschendes Lernen	Level 2
Sozialform und Methoden	Experimentieren in Kleingruppen
Verwendetes Datenmaterial	Canon_MOV002; CanonHD_00044; CanonHD_00045; CanonHD_00046; Panasonic_00000; Panasonic_00001; Panasonic_00002
Verwendete Transkripte	D1_4b_Lv2_CanonHD_00044_5:56_7:36 D2_4b_Lv2_CanonHD_00044_10:08_12:44 D3_4b_Lv2_CanonHD_00044_13:11_14:29 D4_4b_Lv2_CanonHD_00044_16:00_16:56 D5_4b_Lv2_CanonHD_00044_17:24-18:54 D6_4b_Lv2_CanonHD_00044_19:20_20:21 D6_4b_Lv2_Panasonic_00001_00:18_00:39 D7_4b_Lv2_Panasonic_00001_1:01_5:50 D8_4b_Lv2_Panasonic_00001_9:15_9:35 D9_4b_Lv2_Panasonic_00001_10:26-11:07 D10_4b_Lv2_Panasonic_00001_12:07-12:14 D11_4b_Lv2_Panasonic_00001_13:17_15:20

	D12_4b_Lv2_Panasonic_00001_15:58_18:47
--	--

Tabelle 3: Aufnahmeparameter zur Unterrichtseinheit zu Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs

Stofftrennung eines Gemischs aus Sand, Salz und Sägespänen	
Datum	25.10.2013
Ort	Wiener Mittelschule „Lernwerkstatt Donaustadt“
Raum	Lernwerkstatt mit Arbeitstischen und -materialien zum Experimentieren
Klasse	4a
Schulfach	Chemie
SchülerInnen und Kleingruppen im Raum	4 Schüler und 6 Schülerinnen in 3 Kleingruppen
Weitere Personen im Raum	Lehrerin, Beobachterin
Materialien	u.a. Sand, Salz, Sägespäne, Luftballon, Bierdeckel, Kochtöpfe, Herdplatte, Filterpapier, Plastikschaalen
Forschendes Lernen	Level 2
Sozialform und Methoden	Experimentieren in Kleingruppen
Verwendetes Datenmaterial	Canon_MOV001; Panasonic_00001; Panasonic_00002; Audiogerät23_MG_25.10.2013
Verwendete Transkripte	S1_4a_Lv2_Canon_MOV001_22:44_23:44 S2_4a_Lv2_Canon_MOV001_24:45_26:15 S3_4a_Lv2_Canon_MOV001_29:18_32:26 S4_4a_Lv2_Canon_MOV001_33:15_34:37 S5_4a_Lv2_Canon_MOV001_35:46_39:11 S6_4a_Lv2_Canon_MOV001_46:22_48:15_ Audiogerät23_43:31_45:24_Panasonic_00002_00:23_2:16

Tabelle 4: Aufnahmeparameter zur Unterrichtseinheit zu Stofftrennung eines Gemischs aus Sand, Salz und Sägespänen

Nach dieser Erläuterung des Videos als Forschungsmaterial erfolgt im nachstehenden Abschnitt eine Begründung der von mir getätigten Szenenwahl mit dem Anspruch soziale Interaktionen im Klassenraum zu analysieren.

6.2. Auswahl der Szenen

In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung der Szenenauswahl der Unterrichtseinheiten. In diesem Zusammenhang zeige ich aufgetretene Schwierigkeiten und werde Begründungen für die Auswahl anführen.

Die von mir verwendeten Videos enthalten gesamte Unterrichtsaufzeichnungen zu den Themen Elektrolyse von Wasser, Stofftrennung von Sand, Salz und Sägespänen und der Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs. Die Unterrichtsstunden waren nach Level 1 (Elektrolyse von Wasser) und Level 2 (Destillation eines Wasser-Alkohol-Gemischs; Stofftrennung von Salz, Sand und Wasser) des Forschenden Lernens strukturiert (vgl. Abrams et al., 2007; Blanchard et al., 2010).

Der Fokus meiner Forschung liegt auf der Analyse der LehrerInnen-SchülerInnen-Gespräche, wobei ich explizit nur jene ausgewählt habe, bei denen es sich um einen direkten Bezug zu den Experimentierphasen des Unterrichts handelte. Die Gruppen bestanden aus drei bis vier Schülerinnen und Schülern, die ihre Gedanken zum Thema mit der Lehrerin während des Experimentierens verhandelten.

Die zur Untersuchung ausgewählten Gruppen ergaben sich einerseits aus abgesprochenen Gründen mit Frau Dr. Abels und andererseits aus praktischen Gründen. Zum einen wollte ich lediglich die Interaktion zwischen Schülerinnen und Schülern mit der Lehrerin in der Klasse zur Forschung heranziehen, da die Untersuchung der Handlungen und Ziele der regulären Chemielehrerin im Fokus stand. Des Weiteren war die Anwesenheit und Teilnahme der Beobachterin für die Schülerinnen und Schüler eine vom regulären Unterricht abweichende Situation, die unter Umständen andere Reaktionen und Handlungen bei den Schülerinnen und Schülern bewirkt hätte. Dies hat zur Folge, dass in manchen Unterrichtsphasen Schülerinnen und Schüler Inhalte mit der Beobachterin absprachen. Diese Szenen werden nicht als LSG gewertet und scheinen so auch in dieser Forschung, nicht auf.

Zum anderen ergab sich, trotz drei Kameras im Raum und ein teilweise um den Hals getragenes Mikrofon der Lehrerin, dass nicht alle Schülerinnen und Schüler

gleichermaßen aufgezeichnet werden konnten. Dadurch ergab sich für die schlussendliche Auswahl der untersuchten Szenen, dass die Interaktion zwischen Schülerinnen und Schülern und der Lehrkraft, das LSG, in analysierbarer Bild- und Tonqualität zur Verfügung steht. Die analysierten LSG's fanden meist direkt während des Experimentierens statt und bezogen sich auf Phänomene und geäußerte Vorstellungen beim Versuch. Wenige Szenenabschnitte, die zur Untersuchung ausgewählt wurden, stellen ein LSG direkt vor oder nach dem Experimentieren dar. Diese werden dennoch zur Analyse herangezogen, da diese Gespräche einerseits einen direkten Bezug zum Experiment haben, sowie auf Interpretationen und Vermutungen dazu eingehen. Zum anderen hätten diese Gespräche auch ohne weiteres während des aktiven Experimentierens stattfinden können. Aus diesem Grund werden alle ausgewählten LSG-Abschnitte gleichwertig behandelt.

Zusammengefasst enthalten die von mir ausgewählten Szenen ausschließlich Gespräche von Schülerinnen und Schülern in Kleingruppen mit der Lehrerin in unterschiedlichen Phasen der Stunde, wobei immer eine experimentbezogene Beschäftigung stattfand.

Im folgenden Abschnitt werden Videoanalysen allgemein erörtert und deren Vorteile für die angestrebte Forschung beschrieben.

6.3. Beschreibung von Videoanalysen

In diesem Kapitel erfolgt eine kurze Übersicht zur Videoanalyse, in welchem ich die Vor- und Nachteile dieser Datenerhebung anführe.

Die Videoanalyse erlangte seit den 1990er Jahren Aufschwung im Rahmen der empirischen Unterrichtsforschung. Die Triebkräfte für das Aufkommen dieser Erhebungsmethode waren unter anderem das steigende öffentliche Interesse an der Qualität des Unterrichts, welches vor allem durch Vergleichsstudien wie PISA und TIMSS hervorgerufen wurde, sowie des ständigen technologischen Fortschritts, der mit immer einfacherer technischer Handhabung einher ging (Riegel, 2013). Durch die Digitalisierung der Daten können Videodateien mittels Computer kodiert, bearbeitet und analysiert werden (Wild, 2003). Ein

weiterer Impuls für den Trend von visuell aufgezeichneten Unterrichtseinheiten war der stärker werdende Anspruch fachdidaktische Fragestellungen in pädagogischer Forschung zu integrieren (Wild, 2003). In diesem Zusammenhang werden videografierte Unterrichtsszenen vermehrt in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften eingesetzt, um durch diese Auseinandersetzung mit realisiertem Unterricht eine Kompetenzsteigerung der Lehrerinnen und Lehrer zu erhalten (Riegel, 2013).

Ein wesentlicher Vorteil der Forschung mit Videodateien ist die Stabilität des Mediums, welches die Möglichkeit bietet aufgenommene Szenen mehrfach anzusehen und unter verschiedenen Fragestellungen von mehreren Beobachterinnen und Beobachtern zu analysieren (Riegel, 2013). Angefertigte Unterrichtsaufnahmen enthalten eine Vielzahl an Informationen und versuchen die Komplexität des Unterrichts möglichst ganzheitlich und authentisch abzubilden (Knoblauch, Schnettler & Tuma, 2013; Petko, Waldis, Pauli & Reusser, 2003; Riegel, 2013).

Durch die Kamera werden neben Sprache auch Gestik und Mimik von Schülerinnen und Schülern, sowie von Lehrerinnen und Lehrern festgehalten, die der Forscher oder die Forscherin im Feld meist nicht so schnell dokumentieren kann. Unter diesem Aspekt können Videos zur detaillierten, multimodalen Betrachtung von sozialen Interaktionen herangezogen werden, welche die Thematisierung unterschiedlicher Forschungsfragen ermöglicht (Knoblauch et al., 2013).

Vor allem in Bezug zur Unterrichtsforschung eignen sich nach Wild (2003) Videos zur Analyse von fachdidaktischen Handlungen von Schülerinnen und Schülern und Lehrerinnen und Lehrern, da beispielsweise Handlungsstrukturen des Unterrichts durch Fragebögen nur unbefriedigend erhoben werden können (Wild, 2003). Klette (2010, zit. nach Ødegaard & Klette, 2012) sieht in der Unterrichtsanalyse mittels Videos eine Möglichkeit Interaktionen im Klassenraum mehrfach und differenziert auf unterschiedlichen Ebenen mit unterschiedlichen Schwerpunkten zu untersuchen.

Welzel (2005, S. 37) schlägt in ihrem Werk unter anderem folgende Fragen vor, mit welchen sich Forscher und Forscherinnen während der Untersuchung mittels Videodateien beschäftigen können:

- Was kann ich beobachten? (Schülerinnen und Schüler alleine oder in Gruppen, Lehrerinnen und Lehrer, Interaktionen untereinander, Sprache, Handlungen, Mimik und Gestik)
- Wann arbeiten die Schülerinnen und Schüler mit und wann nicht?
- Welche Beiträge liefern die Schülerinnen und Schüler? (Worauf antworten Schülerinnen und Schüler und auf welche Fragen gehen Schülerinnen und Schüler ein?)
- Wie geht die Lehrperson mit den Schülerinnen und Schülern und ihren Beiträgen um?
- Wie hoch sind die Redeanteile der Lehrkraft und der Schülerinnen und Schüler?
- Welche Handlungsfreiräume stehen zur Verfügung? (Können Schülerinnen und Schüler eigene Aktionen setzen und den Unterricht mitgestalten?)

Unter Berücksichtigung dieser Fragen und durch aufmerksames und reflektiertes Beobachten ermöglicht die Videoanalyse eine intensive Beschäftigung mit dem erhobenen Datenmaterial.

Allerdings gibt es bei der Videoanalyse auch Grenzen. Einerseits spielt der so genannte Kameraeffekt eine wichtige Rolle bezüglich der Datenerhebung. Denn bereits die Anwesenheit einer Kamera kann die soziale Interaktion der untersuchten Personen beeinflussen (Knoblauch et al., 2013; Riegel, 2013). Studien zufolge, wie beispielsweise der TIMSS-Videostudie 1999, wurde allerdings gezeigt, dass die Wirkung der Kamera im normalen Klassenraum auf Schülerinnen und Schüler und Lehrerinnen und Lehrer relativ gering ist und keine wesentlichen Veränderungen mit sich bringt (Petko et al., 2003). Knoblauch et al. (2013) bemerken weiters, dass der Kamera bei Unterrichtsaufnahmen während der Interaktion rasch keine Beachtung mehr geschenkt wird (Knoblauch et al., 2013). Diese Annahme wurde auch in den von mir zur Forschung genutzten Videoaufnahmen bestätigt. Die Lehrerin beachtete die Kamera in keiner Situation und die Schülerinnen und Schüler bemerkten diese zwar am Stundenbeginn, sowie außerhalb von Gesprächs- und aktiven Handlungssituationen, schienen aber kaum beeinflusst davon zu sein.

Wie bereits zuvor erwähnt, haben Videoaufnahmen von Unterrichtssituationen den Anspruch das Geschehen möglichst ganzheitlich und authentisch abzubilden (Knoblauch et al., 2013; Petko et al., 2003; Riegel, 2013). Allerdings muss immer beachtet werden, dass eine Videoaufzeichnung stets eine gewisse Künstlichkeit abbildet, da die Kamera etwas anderes einfängt, als mit bloßem Auge zu sehen oder zu hören ist (Knoblauch et al., 2013). Daher kann eine Kameraaufnahme nie die Totalität einer Situation widerspiegeln, sondern ist immer nur auf einen bestimmten, vom Forscher oder der Forscherin, ausgewählten Bereich fokussiert (Knoblauch et al., 2013). Dadurch sind die aufgezeichneten Daten weniger authentisch und ganzheitlich, als anfänglich angenommen. So gesehen ist es unmöglich alle sozialen Prozesse im Raum einzufangen, da Bild und Ton die Echtheit limitieren können (Petko et al., 2003; Riegel, 2013).

Des Weiteren besitzen Videodateien ebenso eine Theorieverbundenheit, da der Bildausschnitt meist den Fokus des Forschers oder der Forscherin abbildet. Dadurch werden stets Szenen mit der Kamera eingefangen, denen vorab ein Interesse zugesprochen wird, andere Ausschnitte bleiben unentdeckt (Hall, 2000; Petko et al., 2003). Ein weiterer Faktor ist gegeben, da das reale Unterrichtsgeschehen meist reichhaltiger wahrgenommen wird, als eine Videoaufzeichnung davon, da viele Eindrücke im Bildmaterial zu verschwinden scheinen (Riegel, 2013).

Einer der wichtigsten Aspekte bei der Forschung mittels Videomaterial ist die nachvollziehbare Interpretation der abgebildeten Handlungen und sozialen Interaktionen. So wird versucht zu verstehen, was auf dem Video zu sehen ist und wie bestimmte Aktionen vor sich gehen (Knoblauch et al., 2013).

Aus den eben genannten Gründen und deren Vorteile erscheint die Bearbeitung von Videomaterial für den Forschungsschwerpunkt dieser Diplomarbeit passend. Aufgrund unbestimmt häufigen Abspielens der Videodaten konnte eine intensive und detaillierte Bearbeitung der Inhalte erfolgen. Die enthaltenen Sachverhalte auf den Videodateien konnten dadurch interpretiert und nachträglich überprüft werden. Die Videoszenen, verbunden mit den angefertigten Transkripten, stellten eine passende Basis für die Bearbeitung der Forschung dar.

Hier anschließend erfolgt die Darstellung des von mir verwendeten Analyseansatzes der Grounded Theory. Dabei liegt der Fokus auf dem Darlegen des Untersuchungsablaufs. Des Weiteren gehe ich darauf ein, inwiefern dieser Ansatz für eine Analyse von Unterrichtssequenzen eine passende Möglichkeit darstellt.

6.4. Analyseansatz der Grounded Theory

In diesem Abschnitt wird der Ansatz der Grounded Theory beschrieben und deren Entwicklung kurz am Beginn dargestellt. Anschließend erfolgt eine Darstellung dieses Ansatzes nach den Vorstellungen von Kathy Charmaz, die die klassische Variante weiterentwickelte. Am Ende dieses Kapitels werden die Vorteile dieses Forschungsansatzes dargelegt und Bezug zur fachdidaktischen Unterrichtsforschung genommen.

Während dieses Kapitels werden einzelne wichtige Phasen der Grounded Theory mit Auszügen aus meiner eigenen Forschungsarbeit unterlegt und dargestellt. Auf diese Weise soll der Forschungsprozess und die Verwendung des Ansatzes nachvollzogen werden, was nach Böhm (1994) ein Bestandteil einer Studie nach der Grounded Theory ist. Diese Passagen sind im Fließtext dieses Kapitels integriert und werden mit einem hellblauen Rahmen unterlegt.

Die Grounded Theory Methodologie, im Folgenden mit GTM abgekürzt, stellt einen qualitativen Forschungsansatz dar, bei welchem ein ständiger Wechsel zwischen Datenerhebung, Datenauswertung und Theoriebildung erfolgt. Barney Glaser und Anselm Strauss (1967) legten den Grundstein der GTM mit ihrem Werk „The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research“, welches seit Ende der 1990er Jahre auch in deutscher Sprache (vgl. Glaser & Strauss, 2005) erschien. Die beiden Autoren entwickelten bereits kurz nach dem Erscheinen des ersten Werkes 1967 getrennte Forschungsstile zur GTM (Glaser, 1978; Strauss, 1987) und begründeten, teilweise mit anderen Co-Autorinnen oder Co-Autoren, wie beispielsweise Strauss mit Juliet Corbin (Corbin & Strauss, 1996),

alternative Richtungen der GTM (Mey & Mruck, 2007). Dies bedingt, dass die GTM nicht als einheitlicher Ansatz auftritt oder nur als *die* eine GTM existiert (Mey & Mruck, 2007; Muckel, 2007).

Der allgemeine Ansatz der GTM verhilft Daten auf neuen Wegen zu betrachten und neue Ideen zu Daten zu entwickeln. Die GTM besteht aus systematischen und flexiblen Richtlinien für das Erheben und Analysieren von Daten, um in weiterer Folge begründete Theorien zu konstruieren (Charmaz, 2006). Charmaz beschreibt die GTM als “a set of principles and practices, not as prescriptions or packages” (Charmaz, 2006, S. 9) und erläutert „Grounded theory serves as a way to learn about the worlds we study and a method for developing theories to understand them“ (Charmaz, 2006, S. 10). Die GTM ist primär ein Analyseansatz und bietet eine Möglichkeit Fragen an Daten zu stellen.

Eine Forschung mittels GTM strebt folgende Eigenschaften an:

- **Komparativ**, da ein ständiger Vergleich der Daten, Kodes, Kategorien erfolgt;
- **Iterativ**, da wiederholend zwischen Datenanalyse und -erhebung hin und her geschritten wird;
- **Induktiv**, da Forscherinnen und Forscher mit Fallstudien beginnen, aus welchen sich abstrakte Konzepte entwickeln und
- **Interaktiv**, da ständige und intensive Interaktion mit Daten erfolgt (Charmaz, 2006, 2011, 2012; Thornberg & Charmaz, 2012).

Kathy Charmaz, Professorin für Soziologie in San Francisco, entwickelte die konstruktivistische Grounded Theory als Revision des Ansatzes von Glaser und Strauss. Im folgenden Abschnitt wird der Ansatz nach Charmaz beschrieben, wobei einige Aspekte, wie etwa die Ansprüche des Forschungsansatzes, Datenerhebung oder Kodierung den allgemeinen Ansprüchen der GTM von Glaser, Strauss oder Corbin und Strauss ähneln.

Die im Folgenden dargestellte Beschreibung der Phasen der GTM ist an das 2006 erschienene Werk von Charmaz „Constructing Grounded Theory: A practical guide through qualitative analysis“ angelehnt. Die GTM nach Charmaz ist interpretativ und

konstruktivistisch, da die Analyse von den Erfahrungen der Forscherinnen und Forscher abhängig ist (Charmaz, 2006).

Eine Forschung mit der GTM beginnt mit der Erhebung von Daten, die durch Beobachtung, Interviews, neuerdings auch Videos, oder vielen anderen Quellen gewonnen werden können. Nachdem Daten erhoben und beispielsweise transkribiert wurden, werden erste Datenstücke kodiert (Charmaz, 2006).

Bei den ersten Daten, die im Zuge dieser Diplomarbeit betrachtet wurden, handelte es sich um das Videomaterial der Elektrolyseeinheit. Zu diesem Zweck wurden einzelne Passagen der Unterrichtsaufzeichnung betrachtet, transkribiert und offen kodiert, um einen ersten Einblick in die Thematik zu erhalten. Die endgültige Forschungsfrage war zu diesem Zeitpunkt noch nicht festgelegt, sondern wurde im weiteren Analyseverlauf erweitert und adaptiert.

Kodieren läuft in verschiedenen Phasen ab (Charmaz, 2006). Nach Charmaz (2006) gibt es Initial Coding, Focused Coding, Axial Coding und Theoretical Coding, wobei die Autorin anführt, dass eine GTM mindestens die ersten zwei der vier Phasen des Kodierens enthalten muss. Beim Kodieren werden Datenabschnitte mit kurzen und prägnanten Namen versehen, die diese Abschnitte zusammenfassen und beschreiben. Diese Namen sind nahe am Datenmaterial angelehnt. Die Kodes werden als aktive Handlungen formuliert. Im Englischen werden Kodes als *gerund*, der hauptwörtlich gebrauchten Verbform, verwendet, wie beispielsweise *asking* oder *taking*. Der Vorteil dieser Anwendungsform ergibt sich dadurch, dass der aktive Charakter im Kode erhalten bleibt. Nomen als Kode-Titel könnten als Thema betrachtet werden und die Handlung in den Hintergrund stellen (Charmaz, 2006).

Die Kodierung bei dieser Diplomarbeit erfolgte anfangs größtenteils mit Verben in deutscher Sprache. Im weiteren Forschungsverlauf wurden prägnante Kodes in Englisch ausgeführt, da diese den Inhalt der Aussage deutlicher abbilden und passender erschienen. Auf diese Weise soll die aktive Handlung der untersuchten Personen erhalten bleiben.

Kodieren soll die Entwicklung analytischer Ideen anregen, um Daten zu interpretieren und zu analysieren, was, warum und wie Personen handeln und welche Konsequenzen dadurch entstehen. Beim Kodieren interagiert der Forscher oder die Forscherin eng mit den Daten und dringt tiefer in diese ein. Dabei werden unterschiedliche Fragen an die Daten gestellt, um neue Phänomene darin erkennen zu können (Charmaz, 2006). Nach Böhm (1994, S. 127) eignen sich Fragen aller Art, wie beispielsweise *Was, Wer, Wie, Wann, Wie lange, Wo, Wieviel, Wie stark, Warum, Wozu oder Womit*, die an die Daten gestellt und beantwortet werden können.

Der Kodierprozess ist ein zentraler Bestandteil der GTM. Er baut den Rahmen um die Analyse und zeigt an, was in den Daten geschieht und welche Bedeutung bestimmte Handlungen haben (Charmaz, 2006). Kodieren bricht Daten in deren Eigenschaften und Aktionen auf. Es werden unter anderem Prozesse, Aktionen und Bedeutungen kodiert. Kodieren ist ebenso wie die GTM selbst neben induktiv, komparativ, interaktiv und iterativ auch deduktiv, da bestehende Kodes auf neue Daten angewendet werden. Die verwendeten Kodes sind von der Interaktion zwischen Forscherin oder Forscher und den Daten abhängig (Charmaz, 2012).

Kodieren hilft die Daten in einem neuen Licht zu sehen und Distanz zwischen dem Forscher oder der Forscherin mit den in den Daten handelnden Personen zu erzeugen (Charmaz, 2003, zit. nach Thornberg & Charmaz, 2012). Beim Kodieren herrscht ein ständiger Vergleich zwischen Daten und Daten, Kodes und Daten, und Kodes und Kodes, um unterschiedliche und ähnliche Ereignisse zu erkennen. Glaser und Strauss (1967) nennen dieses ständige Vergleichen „*Constant Comparative Method*“. Im den folgenden Passagen werden die einzelnen Phasen der GTM dargestellt.

Nach Charmaz (2006) ist die erste Phase des Kodierens das so genannte *Initial Coding* oder *Open Coding*. Die Codes sind vergleichend, vorläufig und können im Nachhinein adaptiert werden. Schnelligkeit und Spontanität helfen beim Kodieren. Die Codes sollen zu den Daten passen, und nicht umgekehrt. Beim Initial Coding ist es wichtig, dass die Codes offen bleiben, nahe an den Daten orientiert, einfach und klar formuliert sind und Aktionen beschreiben. Die generierten Codes werden ständig mit anderen Codes verglichen und erweitert (Charmaz, 2006). Offene Codes sollen als Grundlage für die Entwicklung von Konzepten dienen. Konzepte werden im Lauf des Kodierprozesses erarbeitet und stellen in Begriffe gefasst Hypothesen von Theorien dar (Metzger, 2008). Bereits beim Initial Coding sollen Daten interpretiert werden, um explizite Phänomene und Aktionen und verborgene Prozesse und Muster zu erkennen, sowie entdecken, was im Datenmaterial vor sich geht (Thornberg & Charmaz, 2012).

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten beim Kodieren. Es kann Wort-für-Wort, Zeile-für-Zeile, Abschnitt-für-Abschnitt oder Fall-für-Fall kodiert werden. Diese Formen bieten unterschiedliche Vorteile und werden vom Forscher oder der Forscherin entschieden. Zeile-für-Zeile-Kodieren liefert einen tiefen Bezug zu den Daten und eignet sich besonders für Interviews und ähnliche Textsorten. Das Initial Coding soll die Daten separieren um Prozesse und Eigenschaften zu erkennen und diese für den nächsten Schritt beim Kodieren vorbereiten (Charmaz, 2006, 2012). Einige wichtige Fragen beim Initial Coding an das Datenmaterial können sein:

- Welche Prozesse treten hier auf?
- Wie können die Prozesse beschrieben werden?
- Wie entwickeln sich die Prozesse?
- Wie verhalten sich die beteiligten Personen?
- Welche Gefühle und Gedanken treten bei den beteiligten Personen auf?
- Welches Verhalten bei beteiligten Personen wird durch Prozesse bezweckt?
- Wie, wann und warum verändern sich Prozesse?
- Welche Konsequenzen werden durch Prozesse bezweckt? (vgl. Charmaz, 2006)

Das hier abgebildete Transkript wurde mit Initial Codes versehen. Die Codes wurden im weiteren Forschungsverlauf adaptiert. Die Kodierung wurde Zeile-für-Zeile beziehungsweise Aussage-für-Aussage durchgeführt. Die Szene zeigt einen Ausschnitt aus der Elektrolyseeinheit (E1_4a_Lv1_CanonHD_00010_11:32_14:22).

Verlangt offene Beschreibung der Vorgänge	L: Was tut sich? [L schaut auf das Experiment]
Beschreibt Vorgang auf Makroebene Verneint eigene Aussage	Sw5: Das Salz löst sich auf nein
Scaffolding content Verneint Aussage ohne Erklärung	L: Das ist kein Salz
Nennt Begriff ohne Erklärung	Sw6: Luftbläschen
Scaffolding content Frägt präziser nach	L: Luftbläschen genau wo entstehen die? [...]
Beschreibt Vorgang auf Makroebene mit fachlichem Inhalt	Sw4: Es verwandelt sich in Gas
Beantwortet Frage	Sw5: Drinnen
Ignoriert Beschreibung Scaffolding content Frägt präziser nach	L: Wo drinnen?
Beantwortet Frage angemessen	Sw5: In der Spritze
Bestätigt Aussage Scaffolding content	L: In der Spritze genau
Hinterfragt Vorgang auf Makroebene mit fachlichem Inhalt	Sw4: Verwandelt es sich zu Gas? (-) wird es zu Gas?
Ignoriert Aussage Scaffolding content Frägt zielorientiert	L: Was könnten die Bläschen sein?

Die zweite Phase beim Kodieren wird *Focused Coding* genannt. Beim Focused Coding sind die Codes direkter, konzeptueller und selektiver im Vergleich zum Initial Coding (Glaser, 1978). Durch Focused Coding können größere Mengen an Daten beschrieben und erklärt werden. Dazu werden die häufigsten und signifikantesten Codes des Initial Coding

verwendet. Diese Codes eignen sich am ehesten, um Daten zu kategorisieren. Focused Codes werden durch Datenvergleich generiert (Charmaz, 2006). Es werden unterschiedliche Personen, Daten der gleichen Person zu unterschiedlichen Zeiten, unterschiedliche Ereignisse oder ähnliche Ereignisse verglichen. Diese Art von Codes ähnelt bereits Kategorien, welche die Hauptthemen der analysierten Daten erfassen und zusammenfassen (Thornberg & Charmaz, 2012). Bei der GTM ist es wichtig, dass sie keinem linearen Prozess folgt, sondern es ein ständiges Wechseln innerhalb der Phasen gibt. Es können beispielsweise beim Focused Coding anfängliche Codes verändert und weiterentwickelt werden (Charmaz, 2006).

Im weiteren Verlauf des Focused Coding wurde von Zeile-für-Zeile kodieren auf Phase-für-Phase kodieren gewechselt. Auf diese Weise wurden bestimmte Abschnitte deutlicher und ermöglichten eine detaillierte Sicht auf die Geschehnisse in den verwendeten Szenen. Der unten abgebildete Ausschnitt stammt aus der Stofftrennungseinheit (S3_4a_Lv2_Canon_MOV001_29:18_32:26)

Scaffolding process - Considering process	Sm1: Wie soll ich das Salz da jetzt rausholen?
	L: Das ist jetzt deine Sache
	Sm1: Ja dann muss ich ja warten bis es verdampft und dann
	L: Kannst du das beschleunigen?
	Sm7: Feuer machen
	Sm1: Ja indem ichs koche
	L: Okay wir ham da draußen eine Herdplatte ein ein Reindl [Zeigt hinter sich auf die Geräte] (--)

Die folgenden Dialogausschnitte (aus E1_4a_Lv1_CanonHD_00010_11:32_14:22) zeigen zwei unterschiedliche Reaktionsmuster der Lehrerin auf die Äußerung der Schülerinnen und Schüler. Im ersten Fall nennt Sw5, dass sich das Salz auflöst. Die Lehrerin geht darauf nicht erklärend ein, sondern greift die folgende Äußerung von Sw6 auf.

Keeping conversation Running Using Inquiry based Learning issue	L: Was tut sich? [L schaut auf das Experiment]
Describing observation	Sw5: Das Salz löst sich auf nein
Scaffolding content No amplifying content	L: Das ist kein Salz
Applying content	Sw6: Luftbläschen
Scaffolding content	L: Luftbläschen genau wo entstehen die? [...]

Im zweiten Ausschnitt aus dem gleichen Transkript etwas später erfolgt eine ähnliche Aussage einer Schülerin. In diesem Fall greift die Lehrerin diese Äußerung auf und thematisiert sie.

Scaffolding content Disregarding statement	L: Was könnten die Bläschen sein?
Describing observation Applying content	Sw5: Es kocht
Scaffolding Content	L: Was heißt kochen?
Departing path	Sw4: Dass es ähm das Wasser ähm fängt an zu kochen und
Amplifying content Scaffolding content	L: Was also kochen tun ma in der Küche. Wie heißt der Ausdruck wenn ma in Physik oder Chemie davon reden?

Die dritte Phase, *Axial Coding*, wird angewendet, um Kategorien und Subkategorien zu verknüpfen und zu differenzieren, damit eine oder mehrere Hauptkategorien herausgebildet und verfeinert werden (Böhm, 1994; Charmaz, 2006). Nach Creswell (1998, zit. nach Charmaz, 2006) ist es durch axiales Kodieren möglich größere Mengen an Datensätzen zu sortieren und zusammenzufassen. Nach Charmaz (2006, S. 61) ist Axial Coding kein vorgegebener Schritt in der GTM: *„Those who prefer simple, flexible guidelines – and can tolerate ambiguity – do not need to do axial coding. They can follow the leads that they define in their empirical materials.“*

Im fortschreitenden Forschungsverlauf im Zuge des weiteren Kodierprozesses bildeten sich mehrere Hauptkategorien heraus. Diese sind im Ergebniskapitel beschrieben und dargestellt.

Theoretical Coding bildet den letzten Kodierschritt der GTM und beschreibt eine komplexe und anspruchsvolle Phase des Kodierens. Theoretical Coding wird angewendet, um Beziehungen zwischen den Kategorien zu spezifizieren. Charmaz (2006) spricht sich dafür aus, dass Coding in der GTM flexibel ist und keinen festgelegten Kriterien folgt. Beim Kodierprozess ist es jederzeit möglich zu verschiedene Phasen zurückzukehren (Charmaz, 2012).

Theoretical Coding wurde in dieser Arbeit nicht angewandt. Einerseits war das zur Analyse herangezogenes Datenmaterial nicht entsprechend groß, dass ausreichend Eigenschaften und Querbeziehungen herausgearbeitet wurden und andererseits hätte dieser Schritt den Rahmen der Diplomarbeit überschritten.

In der Literatur herrscht teilweise Verwirrung bezüglich der Verwendung bestimmter Begriffe. Die Begriffe Kode, Konzept und Kategorie werden in publizierten Forschungsarbeiten nicht einheitlich und durchgehend stringent verwendet (Muckel, 2007). Muckel (2007) bemerkt in diesem Zusammenhang, dass diese Eindeutigkeit nicht zwingend nötig sei, da ein fließender Übergang zwischen den Begriffen besteht und es so für das Endprodukt der Forschung kaum eine Rolle spielt.

Ein weiterer zentraler Schritt bei der GTM ist das Schreiben von Memos. Memos sind analytische und konzeptuelle Notizen, in denen alle Gedanken, Ideen und Hypothesen, die während des Forschens aufkommen, festgehalten werden. Memos werden von Beginn an, bereits beim Kodieren, verfasst und bilden die Verbindung zwischen der Datenerhebung und dem Schreiben des endgültigen Textes. Bei Memos ist die Sprache spontan und informell. Diese Aufzeichnungen sind lediglich für den Autor oder die Autorin bestimmt. Memos können Vergleiche und Zusammenhänge oder Beschreibungen und Definitionen von Kategorien enthalten. Zum Schreiben von Memos werden alle anderen Aktivitäten gestoppt und erst danach wieder aufgenommen. Memos bilden den Kern einer Grounded Theory Arbeit. Es werden beispielsweise Focused Codes in Memos zu vorläufigen Kategorien entwickelt, wodurch mehr Tiefe erzeugt wird. Memos beginnen meist mit einem Titel, der dem Kodennamen entspricht, danach erfolgt eine Definition des Codes und schließlich ein Vergleich mit anderen Daten, Memos und Codes (Charmaz, 2006; Thornberg & Charmaz, 2012).

Memos stellen auch in dieser Diplomarbeit einen wichtigen Bezug zur Theoriebildung. Memos wurden in vielen Zusammenhängen geschrieben und meist als Kommentar zu den jeweiligen Zeilen oder Abschnitten verfasst. Einige Memos umfassen eine längere Wiedergabe von Gedanken, andere sind nur wenige Zeilen lang und halten Details zu Überlegungen fest. In der folgenden Passage sind zwei Memos angeführt, die zu unterschiedlichen Bereichen verfasst wurden. Am Beginn steht ein Memo als einfache Notiz zu Aussagen der Lehrerin. Das zweite abgebildete Memo beinhaltet Gedanken zu einem entwickelten Kode. Weitere Memos, vor allem jene zu Theorien, haben sehr große Ähnlichkeit mit den schlussendlich entwickelten Forschungsergebnissen und werden daher nicht zusätzlich angeführt.

Memo: Beginn von E1_4a_Lv1_CanonHD_00010_11:32_14:22.

Zeile 3: L: Also bei euch rennts schon?

Suggestivfrage von L um ins Gespräch einzusteigen. Frage ist so gestellt, dass eine Bestätigung erwartet wird. Des Weiteren wird keine fachliche Information von L vermittelt, um keine Richtung der Denkweise der Schülerinnen vorzugeben. Auf diese Weise verhindert L, dass im Sinne des FoLe Lv1 eine Interpretationsvorgabe auf das Ergebnis geschieht. Frage-Art ist unspezifisch, rhetorisch und suggestiv.

Nachstehend (Zeile 5 und 11) L: Was tut sich?

L behält offenen Charakter der Frage bei. Will keine Informationen vermitteln sondern lediglich den Erkenntnisstand bzw. Beobachtungsstand der SuS kennenlernen. L zielt dabei auf keinen Aspekt ab. Die Frage kann mit Beobachtungsbeschreibung oder mit einer detaillierten Erklärung der Vorgänge auf Teilchenebene geschehen. Beides beantwortet die Frage. L kann dadurch abwägen, wo sie im Gespräch starten kann und was damit als Stand der SuS vorauszusetzen ist.

Einstieg von L erfolgt meist nach diesem Muster. Ziel: Erkenntnisgewinn der SuS ermitteln, ohne Richtung vorzugeben. Kann wichtige Rolle in Forschung spielen. Weiter verfolgen und ähnliche und unterschiedliche Abschnitte suchen und erkennen (→ Einstieg bei Stofftrennung/ Destillation).

Zeigt sich als spezifisch für Lv1. Möglicher Grund: Elektrolyseeinheit beginnt mit direkter Einleitung von L, SuS müssen nur Interpretieren. Daher anderer Beginn als in Lv2, da dort zuerst Untersuchung geplant werden muss, bevor Ergebnis interpretiert werden kann.

Fazit: Interessante Beobachtung, aber da nur am Beginn, keine aussagekräftige Darstellung und Thematisierung möglich (kein Theoretical Sampling), daher vorerst nicht intensiver behandeln → keine Main Category.

Memo zu Kode: **Accelerating Content**

zuvor: Fragt zielgerichtet nach content. Beschleunigt Gespräch: Wenn LSG nicht schnell genug nach Ermessen von L fortschreitet. Meist durch direkte Frage, die direkt auf das Ziel hinweist. Meist nach längerem Hin-und-Her ohne konkreten Fortschritt, dann handelt L auf diese Weise. Dadurch können auch Fachbegriffe erst durch L genannt werden, die für den weiteren Verlauf nötig sind. Des Weiteren können auf diese Weise Ergebnisse vorweg genommen werden, die den SuS noch nicht klar waren. Eventuell auch, um gewisse Probleme zu vermeiden (dadurch mit Sicherheitshinweisen verknüpfbar).

Beispiel: E1_4a_Lv1_CanonHD_00010_11:32_14:22: Zeile 62-63

Sw5: ist das Salz?

L: Nein das ist kein Salz ist es ist es ähm bei beiden gleich? [Sw4 beugt sich über das Experiment] (-) All diese Fragen müsst's ma dann beantworten okay? [L verlässt Gruppe]

Code später: Accelerating Progress: Weil nicht genau bestimmbar, ob auf Content, oder Process abgezielt wird. Gemeinsamkeit ist, dass Stundenverlauf beschleunigt wird, und u.U. auch Umwege umgangen werden können.

Das so genannte Theoretical Sampling beschreibt eine weitere Phase der Datenerhebung der GTM. Dazu werden bestimmte Daten gezielt erhoben, um Ideen, Theorie und Kategorien, die beim Kodieren entstanden sind, zu überprüfen und zu vervollständigen. Diese Phase ist eng mit den Memos verbunden, da dort eventuelle Unklarheiten und Lücken in den Daten festgehalten wurden. Die neuen Daten werden erneut kodiert und mit den bestehenden Codes und Kategorien verglichen (Charmaz, 2006). Theoretical Sampling ist ein sehr anspruchsvoller Prozess und wird selten in der Forschung genutzt (Charmaz, 2012).

Theoretical Sampling im Zuge dieser Arbeit erfolgt ähnlich der Vorstellung von Charmaz. Die anfänglichen Codes, mit welchen Abschnitte der Elektrolyseeinheit versehen wurden, wurden anschließend mit Vorkommnissen und Handlungen weiterer aufgezeichneter Unterrichtseinheiten verglichen und erweitert. Auf diese Weise konnten angedachte Ideen überprüft, korrigiert und weiterentwickelt werden. Es erfolgt ein häufiger Wechsel zwischen dem Kodieren und dem Betrachten neuer Videoabschnitte. Mit diesen Arbeitsphasen der GTM wurde das Datenmaterial erweitert und die Vorstellungen verdichtet.

Das betrachtete Videomaterial mit den unterstützenden Audiodateien der aufgezeichneten Unterrichtseinheiten wurde in folgender Reihenfolge analysiert: Abschnitte der Elektrolyseeinheit, die gesamte Destillationseinheit, weitere Abschnitte der Elektrolyseeinheit und abschließend die Einheit zur Stofftrennung. Am Ende dieser Phasen wurde das gesamte Datenmaterial auf weitere relevante Abschnitte überprüft und gegebenenfalls ergänzt. Durch diesen Wechsel zwischen Datenerhebung, genauer dem Betrachten neuer Videoaufzeichnungen, und Datenauswertung wurde eine intensive Beschäftigung mit dem Material im Sinne der GTM erreicht.

Beim Abschluss der Arbeit hätten einige Erkenntnisse durch erneutes Datenerheben verdeutlicht werden können. Dieser Prozess entfiel bei dieser Diplomarbeit, da dies die Ressourcen des Autors überstiegen hätte.

Ein Ende einer GTM ist erreicht, wenn neue Daten keine neuen Ergebnisse liefern und die Grounded Theory Arbeit dann als gesättigt gilt. Die ermittelten Ergebnisse und Ideen werden sortiert und für das Schreiben vorbereitet (Charmaz, 2006). Am Ende der Forschung mittels GTM werden Hauptkategorien zu Konzepten der Theorien entwickelt. Dazu müssen zumindest die Definitionen der Hauptkategorien enthalten sein, diese können als Überschriften der einzelnen Abschnitte dienen (Charmaz, 2006).

Es existieren unterschiedliche Vorstellungen, was als Theorie in einer GTM zu betrachten ist. Charmaz (2006, S. 126 f.) spricht einem interpretativen Weg großen Nutzen zu:

„Interpretive theories allow for indeterminacy rather than seek causality and give priority to showing patterns and connections rather than to linear reasoning. [...] Interpretive theory calls for the imaginative understanding of the studied phenomenon. This type of theory assumes emergent, multiple realities;

indeterminacy; facts and values as inextricably linked; truth as provisional; and social life as processual”

Nachdem nun die Schritte der GTM nach Charmaz erläutert wurden, erfolgt anschließend eine Darstellung der besonderen Merkmale der konstruktivistischen Grounded Theory nach den Vorstellungen von Kathy Charmaz.

Der konstruktivistische Ansatz ist nahe mit dem interpretativen Ansatz verbunden und bezieht sich vor allem darauf, wie und warum in der Forschung analysierte Personen handeln (Charmaz, 2006). *„For constructivists, theoretical concepts serve as interpretive frames and offer an abstract understanding of relationships”* (Charmaz, 2006, S. 139 f.). Der konstruktivistische Ansatz der GTM ist weniger vorschreibend und festgelegt als andere Ansätze der GTM. Forscherinnen und Forscher, die nach der konstruktivistischen GTM arbeiten, verstehen Wissen als sozial hergestellt und erkennen multiple und reflektierte Sichtweisen der beforschten Personen, sowie von sich selbst, an (Charmaz, 2006). Des Weiteren meint Charmaz (2006, 2011), dass eine Forschung mittels GTM die Interessen des Forschers oder der Forscherin und den historischen Kontext spiegelt.

„Konstruktivist/innen betrachten Verallgemeinerungen als unvollständig, bedingt und als situiert in Raum und Zeit, in Positionen, Handlungen und Interaktionen. Sie zielen auf ein interpretatives Verständnis empirischer Phänomene im Rahmen einer Theorie, die glaubwürdig, originär, resonant und nützlich ist, relativ zu einem je historischen Zeitpunkt“ (Charmaz, 2011, S. 193).

Analysen durch die GTM nach Charmaz sind subjektiv, bedingt und unvollständig. Solche Forschungsarbeiten können nicht, und haben auch nicht den Anspruch, objektive Verallgemeinerungen darzulegen (Charmaz, 2011). Konstruktivistische GTM spiegelt keine objektive Realität wieder, sondern zeigt nur ein erforschtes und interpretatives Bild der Daten und versucht so nah wie möglich an der empirischen Wirklichkeit zu sein (Charmaz, 2006, 2011; Thornberg & Charmaz, 2012). Bei einer GTM kann oder wird auch das Hintergrundwissen zu einem bestimmten Aspekt Einfluss nehmen, da eine Forschung im Sinne einer Tabula rasa nicht existiert (Böhm, 1994; Charmaz, 2006; Thornberg & Charmaz, 2012). Thornberg und Charmaz (2012) erläutern, dass auch gezielt Literatur herangezogen werden kann.

Obwohl es unterschiedliche Ansätze der GTM gibt, spricht sich Glaser (1998, zit. nach Strübing, 2002) dafür aus, dass eine Forschung mittels GTM einfach getan werden soll, weil es funktioniert und es viele tun. Eine GTM soll getan, angewendet und veröffentlicht werden. Bei der Arbeit mit der GTM ist es wichtig immer wieder nach der Geschichte oder der Story zu fragen, um einen Roten Faden verfolgen zu können (Metzger, 2008).

Der folgende Abschnitt über die GTM beschreibt deren Vorteile und zeigt, weshalb sie mit der fachdidaktischen Forschung, sowie für das Setting dieser Diplomarbeit passend ist.

Die ersten Forschungen waren auf Krankenhaus- und Patientinnen und Patienten-Studien bezogen, da sich die GTM als ideales Mittel eignet, um soziales Verhalten und Interaktionen von Menschen zu analysieren. Mit diesem Ansatz ist es möglich Handlungen und Hintergründe zu Handlungen von Personen zu interpretieren (Charmaz, 2006). Die GTM ist ein Forschungsansatz mit großer Flexibilität, die auf unterschiedliche Settings übertragen werden kann (Sander, 2008). Die GTM kann auch auf Unterrichtsstudien angewendet werden, um Handlungen und Interaktionen im Klassenraum beobachten, analysieren und interpretieren zu können. Böhm (1994) sprach sich bereits dafür aus, dass die GTM für pädagogische Forschung passend ist, da sich die GTM zur Beschreibung menschlichen Handelns eignet. Eine Studie mittels GTM lässt sich auch mit Videoaufzeichnungen und deren Analyse verbinden. Durch die Verbindung der GTM mit didaktischen Bereichen sollen neue Wege des Denkens entwickelt werden (Böhm, 1994). Auch Sander (2008) erkennt in der GTM eine passende Möglichkeit fachdidaktische Unterrichtsforschung betreiben zu können und den Anforderungen in der fachdidaktischen Forschung gerecht zu werden, da der Bezug zu sozialen Phänomen dargestellt und entwickelt werden kann.

Aufgrund der vorgestellten Ansprüche der GTM und deren Verbindung zur fachdidaktischen Unterrichtsforschung lässt sich die Forschung dieser Diplomarbeit mit den verwendeten Untersuchungsmethoden kombinieren und anwenden.

Am Ende dieses Abschnitts möchte ich erneut darauf hinweisen, dass es sich bei der GTM um einen flexiblen Prozess handelt, der unterschiedlich, sowohl bezüglich der Menge der Daten, als auch der Tiefe der Forschung, angewendet wird (Charmaz, 2006). Forscherinnen und Forscher, die mit der GTM arbeiten, müssen nicht alle Strategien anwenden und ausführen. Eine GTM soll so genützt werden, wie sie zur Forschung passt und hilfreich ist (Charmaz, 2012). Entsprechend Kathy Charmaz (2012, S. 3): *„use the strategies that work for you and your study but be aware of what you do and what you claim“*.

Dieser Abschnitt bildete den abschließenden Teil der Illustration der empirischen Methode. Im nun folgenden Teil der Diplomarbeit erfolgt die Ergebnisdarstellung und Interpretation. In diesem Kapitel werden ausgebildete Muster und Kategorien vorgestellt und zu entsprechenden Theorien weiterentwickelt, um die bereits angeführten Forschungsfragen beantworten zu können.

7. Ergebnisdarstellung und Interpretation

Am Beginn dieses Kapitel steht eine kurze Erläuterung der wichtigsten Fakten, die zur Datenauswertung führten. Anschließend werden die herausgearbeiteten Kategorien und Muster dargestellt und mit Transkriptionsausschnitten untermauert. Darauffolgend werde ich die Forschungsfrage erneut anführen und mich deren genauer Beantwortung widmen. Am Ende dieses Abschnitts werde ich die Ergebnisse diskutieren und interpretieren, sowie Implikationen für die fachdidaktische Forschung anführen.

Durch die intensive Beschäftigung mit den Daten und einem ständigen Wechsel zwischen induktiver und deduktiver Datenauswertung konnten einige Hauptkategorien entwickelt werden. Der Fokus der Forschung lag darauf die Ziele, die während des Experimentierens im LSG von der Lehrerin und den Schülerinnen und Schülern verhandelt wurden, herauszuarbeiten. Dabei sollen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Interaktion der beiden Seiten, sowie auf den unterschiedlichen Level des Forschenden Lernens dargestellt werden, um die Forschungsfragen bearbeiten zu können.

Im Anschluss an die letzte Aussage des jeweiligen Transkriptausschnitts der Videodateien werde ich die Zeilennummern in eckigen Klammern anführen, wie sie in den Transkripten im Anhang zu finden sind. Bei unvollständigen Sätzen, die sich auf den Kontext, oder auf eine Beobachtung beziehen, werde ich persönliche Anmerkungen in eckigen Klammern hinzufügen und mit Anm. DK ergänzen.

7.1. Darstellungen der erarbeiteten Kategorien

Die Analyse mit der GTM ermöglichte mir tiefe Einblicke in die Daten zu nehmen und einen andauernden und wiederholenden Vergleich zwischen den Daten zu vollziehen. Darüber hinaus konnten Aussagen und Handlungen der Schülerinnen und Schüler und der Lehrerin und deren Absichten dahinter interpretativ betrachtet, sowie bestimmte Gesprächsmuster

beobachtet werden. Im nun anschließenden Teil werde ich die Hauptkategorien einzeln beschreiben und die Zusammenhänge zwischen den Kategorien herstellen. Die Darstellung der Kategorien erfolgt mit eingebundenen Transkriptionsausschnitten.

Im Zuge dieser Forschungsarbeit konnten zwei wesentliche Kategorien herausgearbeitet werden. Zum einen steht die Kategorie *Negotiating Scientific Content* und zum anderen *Negotiating Experimental Activities* im Vordergrund. Diese beiden Schwerpunkte in den analysierten Gesprächen strukturieren nahezu den gesamten Unterrichtsverlauf. Darüber hinaus gab es mehrere signifikante Aktivitäten, die in die beiden Hauptkategorien einzuordnen sind, aber dennoch aufgrund ihrer Relevanz für den Gesprächsverlauf zu Unterkategorien herausgearbeitet wurden. Die im LSG bemerkbaren Unterkategorien sind *Accelerating the Progress*, *Amplifying the Topic* und *Noting Time Limit*.

Folgende Grafik soll den Überblick der einzelnen ermittelten Kategorien und Ausprägung erleichtern und deren Bezüge untereinander darstellen (s. Abb. 5). Der gelbe Bereich der Grafik stellt Level 1, der rosafarbene Bereich Level 2 dar. Der weiße Bereich in der Mitte beinhaltet die drei Sub-Kategorien, die unabhängig vom Level des Forschenden Lernens sind. Die Hauptkategorien sind grün unterlegt und sind je nach Lage eher Level 1 oder Level 2 zugeordnet. Die Größe dieser Ellipsen hat keine Auswirkung auf deren Häufigkeit, sondern ist meist dem benötigten Platz für den enthaltenen Begriff geschuldet. Die blauen Bereiche stellen die Ausprägungen der Hauptkategorien dar. Gepunktete Bereiche werden fast ausschließlich von den Schülerinnen und Schülern angewendet. Zweifarbige Ellipsen sollen zeigen, dass diese Ausprägungen sowohl bei der Lehrerin, als auch bei Schülerinnen und Schülern auftreten. Der blaue Bereich dieser zweifarbigten Bereiche, steht für den Anteil, den Schülerinnen und Schüler nutzen. Der Rest dieser Ellipsen soll die Ausprägung auf der Lehrerinnenseite darstellen.

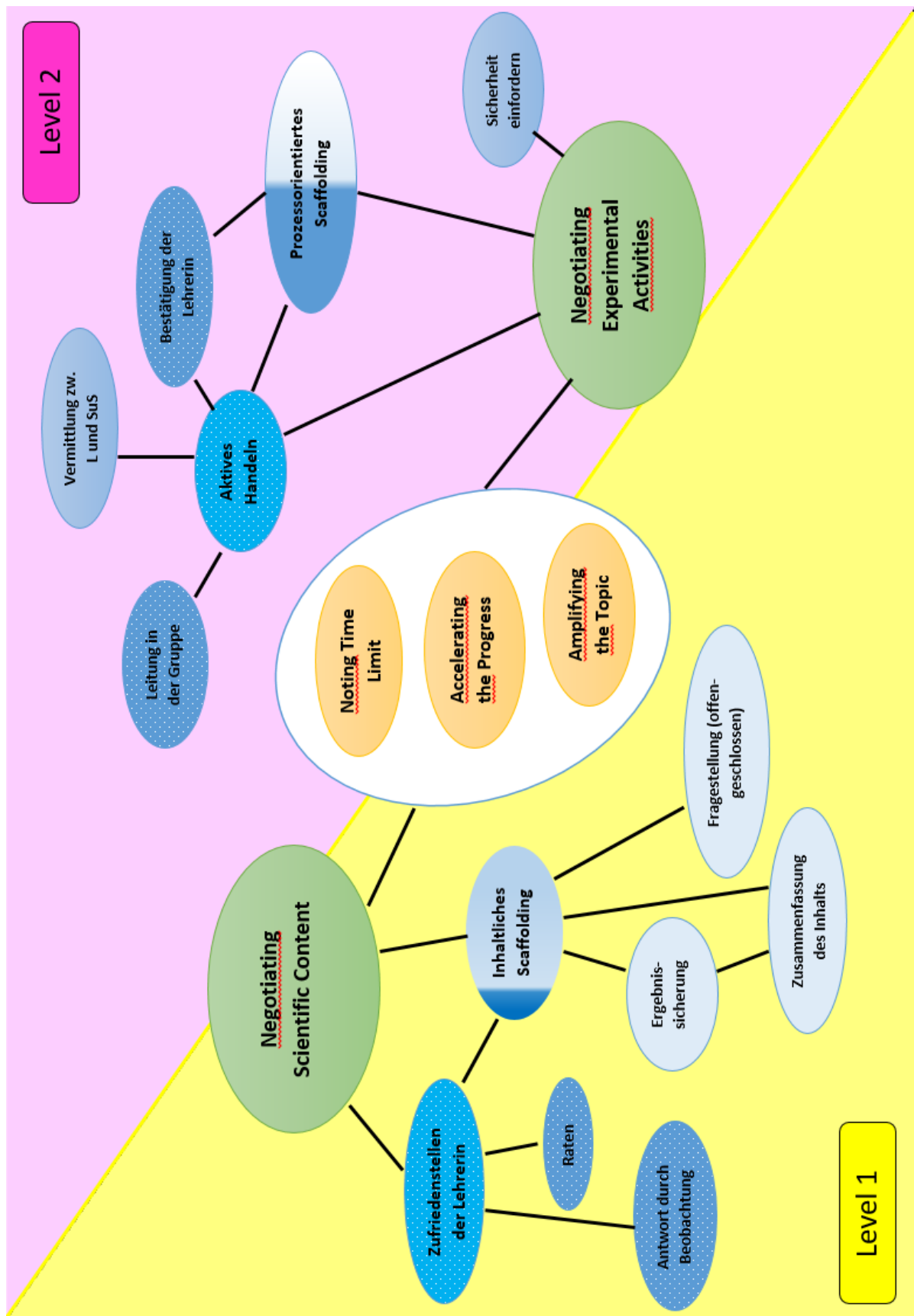


Abbildung 5: Darstellung des Kategoriensystems

Hier anschließend werden die ermittelten Kategorien einzeln dargestellt und interpretiert. Kategorien werden kursiv gedruckt.

7.1.1. Negotiating Scientific Content

Eine der beiden Hauptkategorien dieser Forschungsabhandlung stellt *Negotiating Scientific Content* dar. Diese Kategorie kann als übergeordnete Handlung im Unterricht beschrieben werden und bildet Gesprächsinhalte ab, die auf das Erlernen naturwissenschaftlicher Inhalte abzielen. Die beiden Aushandlungspartner bzw. -partnerinnen im Gespräch stellen die Lehrerin auf der einen Seite und die Schülerinnen und Schüler auf der anderen Seite dar. Solche Aushandlungsphasen ziehen sich mit mehreren SprecherInnenwechsel durch den Dialog und starten meist mit einer von der Lehrerin initiierten Frage, um den Wissenstand oder Fortschritt der Schülerinnen und Schüler zu ermitteln. Diese Einleitungsfragen sind offen formuliert, um den Schülerinnen und Schülern keine bestimmte Denkrichtung vorzugeben oder bestimmtes Vorwissen zu übergehen. Auf diese Einleitungsfragen sind etliche Antwortarten möglich, die sich auf unterschiedliche Bereiche beziehen können. Im folgenden Ausschnitt ist eine solche offene Einleitungsfrage der Lehrerin, mit anschließender Antwort zweier Schülerinnen auf Beobachtungsebene, abgebildet.

L: Was tut sich?

Sw5: Das Wasser bewegt sich [...]

Sw6: Es raucht [5-8]

Die Lehrerin ermittelt den Fortschritt und die Denkrichtung der Schülerinnen und Schüler. Die folgenden gegebenen Antworten dieser sind kurz und meist auf beobachtbare Phänomene bezogen.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil dieser Kategorie ist das größtenteils von der Lehrerin geleitete *Scaffolding* des Inhalts, welches sich in unterschiedlichen Ausprägungen im gesamten analysierten Material zeigt. Inhaltliches Scaffolding wird von der Lehrerin gelenkt

und mit Fragen an die Schülerinnen und Schüler durchgeführt. Die Lehrerin versucht den Schülerinnen und Schülern naturwissenschaftliche Inhalte zu erläutern und Verständnis dafür zu vermitteln. Ein großer Bestandteil des inhaltlichen Scaffoldings ist es, in sich abgeschlossene Teilziele zu erreichen, um anschließend das nächste Teilziel anzustreben. Die Teilziele sind als angestrebte Lernziele für die Schülerinnen und Schüler zu verstehen. Auf diese Weise arbeitet sich die Lehrerin durch die Unterrichtsstunde und schreitet von Punkt zu Punkt fort. Das nachstehende Beispiel zeigt, wie es der Lehrerin gelingt sich schrittweise durch die Stunde zu arbeiten und bestimmte Teilziele zu erreichen. Am Beginn des Gesprächs nehmen eine Schülerinnengruppe und die Lehrerin teil. Im späteren Verlauf entwickelt sich eine Plenumsdiskussion über das Experiment. Die Teilziele sind fett hervorgehoben.

L: Was tut sich? [L schaut auf das Experiment] [Teilziel A: Die Schülerinnen sollen erkennen, dass es zu einer Veränderung der Flüssigkeit kommt]

Sw5: Das Salz löst sich auf nein [...]

Sw6: Luftbläschen

L: Luftbläschen genau wo entstehen die? [...] **[Teilziel A wird erreicht. Teilziel B: Die Schülerinnen sollen erkennen, wo die Veränderung punktuell auftritt]**

Sw5: In der Spritze **[Teilziel B wird erreicht]**

L: Was könnten die Bläschen sein? **[Teilziel C: Die Schülerinnen sollen verstehen, dass es sich bei den entstandenen Bläschen um Gas handelt]** [11-15]

Im gezeigten Ausschnitt werden offene oder halboffene Fragen der Lehrerin genutzt, um im Unterricht fortzuschreiten. Diese Fragen treten meist am Beginn eines Experiments auf und sollen den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, eigene Gedanken zu formulieren, ohne dass eine bestimmte Richtung von der Lehrkraft bereits vorgegeben wird. Teilziele am Beginn der Experimentierphasen, von mir in diesem Zusammenhang „Einstiegszielziele“ genannt, können von den Schülerinnen und Schülern meist rasch durch Beobachtung beantwortet werden. Im weiteren Unterrichtsverlauf dieser Einheit werden vergleichbare Teilziele abgehandelt (s. Anhang – A1.2), bis eine Phase erreicht wird, bei dem das angestrebte Teilziel nicht von den Schülerinnen und Schülern beantwortet werden kann. Diese „anspruchsvollen“ Teilziele, welche vorerst nicht erreicht werden, erzeugen einen

Bruch im Rhythmus des Weges, der durch die Stunde führt. Folgende Tabelle soll die einzelnen Teilziele dieser Phase verdeutlichen.

Nummer	Bezeichnung
A	Die Schülerinnen sollen erkennen, dass es zu einer Veränderung der Flüssigkeit kommt.
B	Die Schülerinnen sollen erkennen, wo die Veränderung punktuell auftritt.
C	Die Schülerinnen sollen verstehen, dass es sich bei den entstandenen Bläschen um Gas handelt.
D	Die Schülerinnen sollen erkennen, dass unterschiedlich viel Gas in den einzelnen Spritzen entsteht.
E	Die Schülerinnen sollen verstehen, welche Gase aus Wasser gebildet werden.
F	Die Schülerinnen und Schüler sollen aufgrund von vorgegeben Eigenschaften Sauerstoff nachweisen.
G	Die Schülerinnen und Schüler sollen aufgrund der Dichte verstehen, ob Sauerstoff in der Luft aufsteigt oder absinkt.
H	Die Schülerinnen und Schüler sollen den Zusammenhang der Reaktionsgleichung ($2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$) und der entstandenen Gasmenge verstehen.

Tabelle 5: Teilziele der Experimentierphase der Elektrolyseeinheit

Spätere Teilziele erhöhen das Anforderungsniveau an die Schülerinnen und Schüler. In diesen Fällen versucht die Lehrerin einen Weg für die Schülerinnen und Schüler anzudeuten, um ihnen eine Hilfestellung zu geben. Untenstehendes Beispiel zeigt die Verhandlung von Teilziel H (Die Schülerinnen und Schüler sollen den Zusammenhang der Reaktionsgleichung ($2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$) und der entstandenen Gasmenge verstehen), bei welchem die Lehrerin mehrfach Hinweise geben muss, bis sie schlussendlich immer konkretere Fragen stellt. Den Abschluss dieser Verhandlung bildet eine geschlossene Frage (L: Beim Wasserstoff, das heißt welche Spritze enthält den Wasserstoff? Dort wo mehr Gas drinnen ist oder?).

L: [...] Ah Bevors ihrs rausnehmts Herrschaften welche nehm ma dn? Welche Spritze nehm ma? [Teilziel H: Die Schülerinnen und Schüler sollen den Zusammenhang der Reaktionsgleichung ($2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$) und der entstandenen Gasmenge verstehen]

Sw4: Die die aufgestiegen ist [...]

L: Ahm schauts amal auf die Tafel [verweist auf Reaktionsgleichung] Welche Spritze hat den Sauerstoff? [Teilziel H verdeutlicht]

Sm1: Na die min Minuspol [...]

L: Ah dort wo mehr drinnen ist oder dort wo weniger drinnen ist? [Teilziel H nochmals verdeutlicht] [...]

Sm1: Da wo weniger drinnen ist [...] Ja weil es ist mehr von dem Sauerstoff Wasserstoff drinnen. Was war das da jetzt?

L: Nochamal nochamal was wo ist mehr drinnen? [Teilziel H nochmals verdeutlicht]

Sw2: Wasserstoff

L: Beim Wasserstoff, das heißt welche Spritze enthält den Wasserstoff? Dort wo mehr Gas drinnen ist oder? [Teilziel H nochmals verdeutlicht]

Sw2: Ja [Teilziel H wird erreicht] [194-225]

Ein Vergleich des Offenheitsgrades der Fragearten in den gesamten Unterrichtseinheiten zeigt, dass die Lehrerin am Beginn der Experimentierphasen offene Fragen anwendet. Ein Grund für dieses Auftreten könnte sein, den Schülerinnen und Schülern am Beginn der Experimentierphasen alle möglichen Überlegungsrichtungen offen zu lassen und nicht von vornherein einen bestimmten Weg anzudeuten. Im weiteren Verlauf dieser Phasen werden die Fragen geschlossener, um den inhaltlichen Verlauf der Stunde zu beschleunigen. Dieses bewusste Beschleunigen stellt einen weiteren wichtigen Aspekt des LSG's dar und wird aufgrund der Relevanz weiter unten in einem eigenen Abschnitt behandelt.

Diese Art der Aushandlung stellt einen wichtigen Teil im LSG während des Forschenden Lernens dar. Das angeführte Beispiel zeigt einen Ausschnitt aus der Elektrolyseeinheit, die auf Level1 des Forschenden Lernens durchgeführt wurde. Ein vergleichbares Muster ist auch bei Level 2 zu erkennen. Als Beispiel für ein solches Muster auf Level 2 ziehe ich einen Ausschnitt aus der Stofftrennungseinheit heran. Die Schülergruppe hat sich bereits erste Gedanken zu einem passenden Untersuchungsdesign gemacht und spricht mit der Lehrerin über den Weg.

L: [...] was machst jetzt mit dem Holz? [Teilziel A: Die Schüler sollen mithilfe von unterschiedlichen Stoffeigenschaften das Holz von den anderen Stoffen trennen]

Sm1: Wir müssen das wir müssen das sieben oder so

L: Wie willst das Holz jetzt rausbringen? [...]

Sm1: Sm6 kannst du das sieben [...] nimm einen Löffel und hols da raus [Teilziel A erreicht]

Sm1: Den Sand müssen wir aber auch irgendwie rausgriegen

L: Ja den Sand müsstest du auch noch rausbringen [Teilziel B: Die Schüler sollen mithilfe von unterschiedlichen Stoffeigenschaften den Sand vom Salz trennen]

Sm1: Haben sie ein Filter [...] ein Kaffeefilter? [...] Hol einen Coffeefilter [geht aus der Klasse um die Materialien zu holen] [...] [Teilziel B erreicht]

L: // Sm1 warum filterst du das was passiert da? [Teilziel C: Die Schüler sollen verstehen, welche Stoffeigenschaft für den Trennvorgang ausgenutzt wird]

Sm1: Dann bleibt der Sand da hängen [...]

L: Warum bleibt der Sand da der Sand da drinnen und fließt nicht durch? [Teil C erneut]

Sm1: Ja weil der sich nicht auflöst

L: Was löst sich nicht auf? (--) [...] [Teil C verdeutlicht]

Sm1: Also weil sich der Sand nicht im Wasser auflöst

L: okay und wieso bleibt er dann im Filter? (-)[Teil C verdeutlicht]

Sm1: weil er den Sand abfängt

L: Wieso geht da das Wasser durch? [Teil C verdeutlicht]

Sm1: weil das eine kleinere Dichte hat? (-) oder weils //

L: // was ist denn ein Filterpapier? Wie schaut denn ein Filterpapier aus wenn man es unterm Mikroskop anschaut? [Antwort führt weg von Teilziel C. Einschub zum Thema Filterpapier] [775-821]

Die Verhandlung des Teilziels C verlangt von der Lehrerin, dass sie mehrere Hinweise anführt, um den Schüler auf einen passenden Weg zu führen. Dieses Teilziel stellt die Schülergruppe vor eine größere Herausforderung, die nicht auf Anhieb gelöst werden kann, wie beispielsweise Teilziel A (Teilziel A: Die Schüler sollen mithilfe von unterschiedlichen Stoffeigenschaften das Holz von den anderen Stoffen trennen). Die Lehrerin führt bewusst von Teilziel C (Die Schüler sollen verstehen, welche Stoffeigenschaft für den Trennvorgang ausgenutzt wird) weg, um den Schülern inhaltliches Scaffolding zu bieten, um in weiterer Folge Teilziel C erreichen zu können. Dies gelingt den Schülern schlussendlich gegen Ende der Experimentierphase.

Einen wesentlichen Aspekt bei diesen Verhandlungsphasen stellt die erwünschte Antwort der Lehrerin dar. In diesen Abschnitten konzentriert sich die Lehrerin verstärkt auf die Vermittlung der ihr wichtigen Teilziele. Sie begibt sich Aussage für Aussage auf tiefere

Ebenen des Verstehens, um so auf den geplanten Stundeninhalt hinzuführen. Die Teilziele eignen sich dazu ein übergeordnetes Stundenziel zu erreichen. In der Elektrolyseeinheit könnte dieses Ziel als Lernziel formuliert sein: Die Schülerinnen und Schüler sollen den Vorgang der Elektrolyse verstehen und die entstandenen Gase mit der zugehörigen Reaktionsgleichung bestimmen und nachweisen können. Das Lernziel der Stofftrennungseinheit wäre: Die Schülerinnen und Schüler sollen durch das Erkennen, Verstehen und Anwenden unterschiedlicher Stoffeigenschaften Sägespäne, Sand und Salz trennen. Zur Vollständigkeit möchte ich das übergeordnete Lernziel der Destillationseinheit anführen: Die Schülerinnen und Schüler sollen das Prinzip der Destillation unter Verwendung unterschiedlicher Siedepunkte verstehen und einen geeigneten Nachweis für das Destillat finden.

Eine weitere Möglichkeit des inhaltlichen Scaffoldings der Lehrerin sind direkte Anweisungen oder Erklärungen, die an die Schülerinnen und Schüler gegeben werden und nicht mit Fragen entwickelt werden. Die Variante wird angewendet, um inhaltlich schneller fortzuschreiten und rasch wichtige Anweisungen zu geben. In diesen Fällen könnte die Lehrerin zusätzliche Fragen an die Schülerinnen und Schüler nicht als hilfreich für das Verständnis erachten. Das nachstehende Beispiel soll dies verdeutlichen.

L: [kommt zur Gruppe und betrachtet das Experiment] nicht ganz das Thermometer am Boden bitte, weil sonst misst er nämlich die Temperatur vom Glas. [577]

Des Weiteren nutzt die Lehrerin diesen Weg im Gespräch, um Inhalte zu vermitteln und zu verdeutlichen, indem sie beispielsweise auf direkt beobachtbare Phänomene hinweist.

L: Dort wo trocken ist schauts so trocken aus und da ists schon weiß kristallisiert [das Salz, Anm. DK]. [914]

Einen direkten Hinweis auf eine Beobachtung könnte auch mit Fragen entwickelt werden, indem die Lehrerin danach fragt, was hier weiß kristallisieren könnte. Die gezeigte Aussage findet am Ende einer Einheit statt, dies könnte einen möglichen Grund für die bewusste direkte Erklärung darstellen, um Zeit einzusparen.

Gegen Ende einer Einheit kommen vermehrt geschlossene Fragen oder direkte Erläuterung anstatt offener Fragen zum Einsatz. Insofern können die Fragen und Aussagen von sehr offen und unpräzise zu eindeutig und präzise beschrieben werden. In diesen Phasen spielt das Zeitlimit der Stunde eine bedeutende Rolle. Dieser Aspekt wird untenstehend in einem eigenen Abschnitt dargestellt.

Nach dem Erreichen eines Teilziels erfolgt meist eine Zusammenfassung als inhaltliches Scaffolding der Lehrerin. Auf diese Weise vermittelt die Lehrerin die Wichtigkeit des besprochenen Inhalts und versucht mögliche Unklarheiten zu beheben. Die Zusammenfassung eines Abschnitts stellt das Ende der jeweiligen Teilphase dar. Danach schreitet die Lehrerin zum nächsten Abschnitt fort. Das nachstehende Beispiel zeigt eine solche Zusammenfassung (fett hervorgehoben).

L: // Also das Filterpapier hat kleinere Löcher als das Sieb und warum bleibt jetzt das da Sand im Filterpapier hängen? [...]

Sm8: Weil es weil es größer ist [...]

L: Was ist größer? [...]

Sm8: Als diese Löcher

L: Was ist größer? [...]

Sm8: Die Späne

L: Na der Sand ist größer als die Löcher als die Poren des Filters genau so ist es wunderbar. [884-894]

Zusammenfassungen des erarbeiteten Inhalts machen vor allem dann einen wichtigen Beitrag zur Ergebnissicherung aus, wenn zuvor fachliche oder sprachliche Unsicherheiten und gegebenenfalls Lücken bei den Schülerinnen und Schülern erkennbar waren. Diese Lücken entstehen unter anderem durch fehlende Verknüpfungen von Wissensinhalten mit praktischen Ergebnissen. Bevor es zu einer Ertragssicherung in Form einer Zusammenfassung kommt, versucht die Lehrerin eine passende Antwort von den Schülerinnen und Schülern zu erhalten. Die Lehrkraft erwünscht eine bestimmte Antwort oder Äußerung der Schülerinnen und Schüler und schreitet nicht fort, solange diese Antwort nicht erfolgt. Diese Art des Fragens ist den „Guess-what’s-in-my-head“-Fragen von

Ødegaard und Klette (2012) ähnlich. Die Schülerinnen und Schüler versuchen sich mit einer Vielzahl von Antworten zu beweisen, wobei die Lehrkraft lediglich eine davon aufgreifen kann und als Frage an die Schülerinnen und Schüler zurückgibt.

Eine solche Interaktionsphase beschreibt ein häufiges Verhalten bei der Verhandlung von naturwissenschaftlichen Inhalten. Die Lehrerin versucht den Inhalt zu vermitteln, die Schülerinnen und Schüler legen vor allem Wert darauf, die gestellten Fragen zu beantworten. Nachdem sie keine verknüpfte Antwort geben konnten, oder alle Antworten negiert wurden, versuchen die Schülerinnen und Schüler die Frage mit teilweise willkürlich erscheinenden Begriffen, mit Raten, zu beantworten, um die Lehrerin zufriedenzustellen. Der nachstehende Transkriptionsausschnitt verdeutlicht dies.

L: Ich weiß immer noch nicht warum der Sand in dem Filter drinnen bleibt [...] warum bleibt der Sand drinnen?

Sm7: weils so ist

Sm6: weil er nicht raus geht

Sm1: weil er schwerer ist

Sm6: weil er im Filter ist

Sm7: weil er jetzt pickt

L: wenn er schwerer ist müsste er doch durchrutschen oder? [...]

Sm6: er hat keinen Sauerstoff [826-840]

Ein Großteil der in dieser Szene erfolgten Antworten basiert auf der Beobachtungsebene. Die Schülerinnen und Schüler argumentieren mit sichtbaren Phänomenen und versuchen diese zu beschreiben. Die Verhandlung in solchen Phasen über naturwissenschaftliche Inhalte bleibt meist Beobachtungen beschränkt. Solche und ähnliche Gesprächsphasen zeichneten sich vor allem bei Forschendem Lernen Level 2 in der Stofftrennungseinheit ab und wiederholten sich mehrfach. Das Vorkommen solcher Antworten, die mit beobachtungsgestütztem Raten bezeichnet werden können, kann aus der Fragestellung der Lehrerin und ihrer erwarteten Antwort abgeleitet werden. Da es den Schülerinnen und Schülern nicht gelingt die Frage zu beantworten, wird diese Phase mehrmals wiederholt.

Nach dem Ziel die Lehrerin zufriedenzustellen und eine geeignete Antwort zu geben, streben nahezu alle Schülerinnen und Schüler bei der Verhandlung von wissenschaftlichen Inhalten. Dies ist vor allem dann zu erkennen, wenn der erste überlegte Antwortversuch von der Lehrerin als nicht ausreichend gekennzeichnet wird.

Die Ergebnissicherung stellt für die Lehrerin einen weiteren wichtigen Aspekt in den untersuchten Einheiten dar. In unterschiedlichen Phasen der Gespräche zielt sie auf das Schreiben von Protokollen ab, damit die Schülerinnen und Schüler die Ergebnisse schriftlich festhalten. Ergebnissicherung geht parallel mit inhaltsbezogenem Scaffolding einher und bildet einen nachhaltigen Abschluss einer Einheit. Die Ergebnissicherung stellt für die Lehrerin eine Möglichkeit dar, besprochene Inhalte schriftlich festzuhalten, was im besten Fall zu einem längerfristigen Lernerfolg bei den Schülerinnen und Schülern führen kann. In mehreren Abschnitten des LSG's weist die Lehrerin direkt auf eine solche Ergebnissicherung, beispielsweise durch die Aufforderung ein Protokoll zu schreiben, hin. Diese Hinweise können im Gespräch integriert sein, oder als einzelne Aussagen am Beginn oder Ende einer Verhandlung stehen (*L: Aufschreiben! Eure Vermutung geht schon Beginn eines Protokolls* [364]). Insofern ist Ergebnissicherung eine bestimmte Ausprägung, um das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten zu vertiefen.

Bevor nun abschließend die auftretenden Muster dieser Kategorie erläutert werden, fasse ich die vorgestellte Kategorie zusammen. Die Hauptkategorie *Negotiating Scientific Content* bezieht sich auf inhaltliche Verhandlungen eines Themas. Die Kategorie wird größtenteils von der Lehrerin durch inhaltliches Scaffolding bestimmt, wodurch inhaltliches Scaffolding als eine Ausprägung bezeichnet werden kann. Inhaltliches Scaffolding wird von der Lehrerin beispielsweise durch offene oder geschlossene Fragen mit Hinweisen oder auch inhaltliche Zusammenfassungen umgesetzt. Das Ziel dieser Kategorie besteht darin naturwissenschaftliche Inhalte, meist über das Erreichen von Teilzielen, zu vermitteln und zu erlernen. Auch wenn inhaltliches Scaffolding von der Lehrerin geprägt wird, spielen auch die Schülerinnen und Schüler eine große Rolle bei der Verhandlung. Deren merkmalssträchtigste Ausprägung dieser Kategorie und Ziel bei der Verhandlung bezieht sich auf das Beantworten der Fragen (fast ausschließlich durch Beobachtung) und das Zufriedenstellen der Lehrerin, um mit ihr den metaphorischen Weg des inhaltlichen

Scaffolding zu gehen. Die Antworten müssen in diesem Zusammenhang zumindest von der Lehrerin als passend eingestuft werden, sollten aber gleichzeitig nicht zu weit voraus greifen. Aus diesem Grund möchte ich die ermittelte Kategorie auch nicht „Scaffolding Content“ oder dergleichen betiteln, da dies eine Tendenz aufweist lediglich für die Lehrerin zu gelten. Da die Schülerinnen und Schüler bei den Verhandlungen durch Dialoge eine ebensolche Hauptrolle, auch wenn sie nicht strukturgebend ist, einnehmen, fand ich den gewählten Namen Negotiating Scientific Content passender.

Im nachstehenden Abschnitt werden nun auftretende Muster des LSG beschrieben und mit den in Kapitel 4 beschriebenen Unterrichtsgesprächen in Verbindung gesetzt.

Nahezu alle Phasen des LSG's, bei dem inhaltliche Themen verhandelt werden, wird nach dem Muster des I-R-E (Initiation der Lehrkraft – Response der SchülerInnen – Evaluation der Lehrkraft, vgl. Van Zee & Minstrell, 1997) vollzogen. I-R-E zeichnet sich durch eine Frage der Lehrerin aus, auf die eine kurze und erwartete Antwort der Schülerinnen und Schüler gegeben wird. Die Antwort wird in weiterer Folge evaluiert. Dazu werden passende Antworten gelobt und unpassende Antworten korrigiert. Lemke (1990) sieht dieses Muster als Möglichkeit ein neues Thema einzuführen. In den analysierten Videoszenen erfolgt meist der Stundeneinstieg mittels dieser Methode. Auf diese Weise gelingt es auch der Lehrerin strukturiert durch den Unterricht zu führen (vgl. Chin, 2007). Nachstehendes Beispiel soll dieses Muster verdeutlichen.

I *L: Was tut sich? [L schaut auf das Experiment]*

R *Sw5: Das Salz löst sich auf nein*

E *L: Das ist kein Salz*

R *Sw6: Luftbläschen*

E *L: Luftbläschen genau*

I *L: wo entstehen die [Luftbläschen, Anm. DK]? [...]*

R *Sw4: Es verwandelt sich in Gas*

- R Sw5: *Drinnen*
- I L: *Wo drinnen?*
- R Sw5: *In der Spritze*
- E L: *In der Spritze genau* [11-20]

Wie im Ausschnitt ersichtlich erwartet sich die Lehrerin auf ihre offene Einstiegsfrage keine Antwort, die den Begriff Salz betrifft, wodurch sie strikt verneint wird. Anschließend wird der Begriff Luftbläschen genannt. Dieser erscheint passend im vorstrukturierten Plan der Lehrerin und wird daher gelobt. Die Aussage von Sw4 bezüglich der Verwandlung in Gas wird nicht beachtet. Darauf gehe ich weiter unten in diesem Abschnitt genauer ein. Der eingefügte Trennstrich im Transkriptionsbeispiel, sowie die Fett eingefügten Buchstaben am Rand, sollen verschiedene Ausprägungen des I-R-E Musters verdeutlichen. Im oberen Beispiel verläuft das Gespräch mit dem Muster konform, wobei eine Antwort verneint und eine bestätigt wird. Bei Phase zwei ist zu erkennen, dass die Antwort *Drinnen* von Sw5 der Lehrerin zu unspezifisch ist und daher vertieft nachgefragt wird, bis schlussendlich die passende Antwort geliefert wird. Die Bestätigung in beiden Phasen mit dem Wortlaut *genau* hebt die positive und zufriedenstellende Evaluation hervor.

Aufgrund der engen Strukturierung dieses Gesprächsmusters ist es kaum möglich, um auf alternative Antworten einzugehen und den Schülerinnen und Schülern mehr Freiraum für ihre eigenen Gedanken und Vorstellungen zu lassen (Dillon, 1982, zit. nach Chin, 2007). Dies könnte auch einen Grund darstellen, weshalb die Lehrerin ab und an auf getätigte Äußerungen der Schülerinnen und Schüler, wie in diesem Beispiel *Es verwandelt sich in Gas*, nicht näher eingeht und diese kaum beachtet. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass dies in den angedachten Teilzielen und Schritten zu weit vorgreifen würde und so vom gedanklich strukturierten Plan der Lehrerin abweicht.

Bei Unterrichtseinheiten, die nach dem Forschenden Lernen Level 1 strukturiert waren, zeigte sich deutlich, dass vermehrt über inhaltliche Themen verhandelt wurde und so *Negotiating Scientific Content* im Vordergrund stand. In diesem Zusammenhang übernahm die Lehrerin größtenteils die Leitung des Gesprächs und organisierte die Unterrichtsstunde. Die Einheit zur Elektrolyse von Wasser verlief nach einem klar vorgegeben Plan, wo kaum

Abschweifungen beziehungsweise alternative Varianten eingeplant und möglich waren. Im Vergleich zu Level 2 war eine differente Struktur in der Leitung der Einheit zu bemerken, auf welche ich detailliert weiter unten eingehen werde.

Im nächsten Abschnitt erfolgt die Darstellung zur zweiten Hauptkategorie *Negotiating Experimental Activities*. Im Gegensatz zur eben vorgestellten Kategorie stehen vor allem Handlungen im Zentrum des Unterrichtsgeschehens.

7.1.2. Negotiating Experimental Activities

Die zweite Hauptkategorie mit dem Titel *Negotiating Experimental Activities* zeichnet sich durch Verhandlung von Aktionen und Taten aus. Dabei steht die Aushandlung, Überlegung und das direkte Ausführen von Handlungen beim Experimentieren im Vordergrund. Die Handlungen der Schülerinnen und Schüler beziehen sich allesamt auf das eigene Tun. Sie streben danach aktiv in die Vorgänge der Versuche einzugreifen und unter Umständen eine Anpassung und Verbesserung zu bewirken. Die Lehrerin versucht dabei die Schülerinnen und Schüler möglichst passend mit prozessorientiertem Scaffolding zu unterstützen, indem sie die Schülerinnen und Schüler schrittweise anleitet. Diese Führung ist im Vergleich zur ersten Hauptkategorie *Negotiating Scientific Content* offener und lässt phasenweise mehr Freiräume für Schülerinnen und Schüler zu.

Das am signifikantesten auftretende Merkmal dieser Kategorie ist als *prozessorientiertes Scaffolding* von der Lehrerin zu erkennen. Die Lehrerin gibt in diesen Phasen den Rahmen des Gesprächsinhaltes vor, verhält sich allerdings nicht strikt nach einem vorgegeben Plan, sondern geht auf Richtungen der Schülerinnen und Schüler ein. Die Art der Fragestellung ermöglicht den Schülerinnen und Schülern den Prozess nach ihren Vorstellungen zu gestalten und die Lehrerin achtet darauf, dass der Prozess zielführend erledigt wird. Zu diesem Zweck verhilft die Lehrerin mit Hinweisen, sodass eine gewisse Struktur in den Handlungen zu finden ist. Die Lehrerin lässt die Schülerinnen und Schüler in diesen Phasen nicht unstrukturiert „herumirren“, sondern zeigt passende Aspekte auf, die für die

Schülerinnen und Schüler nützlich sein können (fett hervorgehoben). Das folgende Beispiel soll eine Phase nach diesem Schema verdeutlichen.

Sm1: Wie soll ich das Salz da jetzt rausholen?

L: Das ist jetzt deine Sache

Sm1: Ja dann muss ich ja warten bis es verdampft und dann

L: Kannst du das beschleunigen?

Sm7: Feuer machen

Sm1: Ja indem ichs koche

*L: Okay wir ham da draußen eine Herdplatte ein ein Reindl [Zeigt hinter sich auf die Geräte] (--) **Aber zuerst musst was machen?***

Sm1: Wir müssen ein Sieb und den Sand rausholen [760-767]

In dieser Darstellung verdeutlicht sich die Hilfestellung der Lehrerin, sodass sie die Schülerinnen und Schüler auf einen passenden Pfad des Experiments führt. Die Lehrerin hätte das Gespräch auch vorzeitig beenden können, indem sie den Schüler darauf warten lässt, bis das Wasser bei Raumtemperatur nach langer Zeit verdampft. Dadurch wäre die Gruppe in dieser Stunde zu keinem Ergebnis gekommen. Erst durch das Nachfragen und Hinleiten, erkennen die Schüler, dass das Verdampfen beschleunigt werden kann. Weiters ist ersichtlich an dieser Szene, dass die Lehrerin die Frage des Schülers zurück gibt und ihm nicht die passende Antwort präsentiert. Auf diese Weise wird ermöglicht, dass die Gruppe das Untersuchungsdesign des Experiments auf Level 2 erneut überdenkt und auf eigene Schlüsse kommt.

Negotiating Experimental Activities zeichnet sich des Weiteren dadurch aus, dass die Lehrerin Sicherheitshinweise auf direkte Art vermittelt. Ein wesentliches Ziel stellt die Unversehrtheit ihrer Schülerinnen und Schüler da. In diesen Phasen verzichtet die Lehrperson auf mögliche Fragen, sondern legt ihr Anliegen klar dar, teilweise mit Begründung.

L: Bitte Sm5 setz deine Brille auf

Sm5: Okay

*L: Wenn das nämlich springt dann [zeigt mit den Händen eine kleine Explosion]
[wendet sich ab] [631-633]*

Im Kontrast zu den bis hierhin erläuterten Dimensionen der Kategorie *Negotiating Experimental Activities* steht folgender Abschnitt. Die oben dargestellten Aspekte prozessorientierten Scaffoldings zeigen, wie die Lehrerin ihre Schülerinnen und Schüler anleitet und ihnen Hinweise gibt, die sie meist frei ausführen können. In einigen Phasen können aber auch die Schülerinnen und Schüler die gesamte Führung des LSG's übernehmen, wie nachstehendes Beispiel zeigt. Der Ausschnitt zeigt den Aufbau der Destillationsapparatur. Die Lehrerin gibt gezielte Hinweise und hat bestimmte Vorstellungen, wie die Schülergruppe zu einem Ergebnis kommt. Sm4 hat eine andere Idee und möchte diese ausführen. Es kommt zu einem gewissen Machtkampf um die Führung der Situation. Sm4 beharrt auf seiner Idee. Seine Gruppenkollegen versuchen den Plan der Lehrerin zu verfolgen. Sm4 bleibt in dieser Phase überzeugend (fett hervorgehoben) und kann sich gegen die Lehrerin und seine Mitschüler durchsetzen. Durch Bedenken, dass der Aufbau zu viel Zeit beanspruchen könnte, verweist die Lehrerin bereits auf das nahende Stundenende. Der folgende Transkriptionsausschnitt zeigt diese Phase.

Sm3: Er will das da weiterleiten [zeigt auf das Ende des Glasrohres aus der Destillierkolben]

Sm4: So das es ganz nach unten geht, das es schön eine lange Leitung ist [...]

L: wie könnte man diesen Weg verkürzen? [zeigt vom Kühlrohr zum Becherglas]

Sm5: indem man da zum Beispiel noch ein Röhrchen [zeigt vom Ende des Glasrohres zum Becherglas]

L: wie noch?

Sm5: indem man das höher stellt [...]

L: holt's euch da draußen einen Blechtopf [...]

***Sm4: nein ich hab eine bessere Idee kann man das hier [L geht] [...] nein Sm3
schau wir machen's so [sucht ein passendes Glasgerät im Laborkoffer] [...]***

Sm5: Bitte gib mir irgendwas. Das wirs draufstellen können. Wart Sm3 ich hol schnell was

Sm4: Schau so [zeigt Sm3 ein weiteres Glasrohr] und dann können wirs so [hält dieses Glasrohr an das erst Glasrohr und erreicht damit direkt ein Gefäß zum Auffangen der destillierten Flüssigkeit] [...]

L: Ah Ihr habts nicht mehr viel Zeit [...] Ah nochamal Sm4 du verzettelst dich schon wieder ihr seid ihr braucht's ihr habt's nur mehr a Viertelstund [...] in einer Viertelstunde müsst ihr fertig sein und wegräumen!

Sm4: [baut seine Idee auf] da siehst du (- -) tatata:: schon ham mas [...]
[535-568]

Insofern gelingt es Sm4 die Vorschläge der Lehrerin zu überstimmen und die Destillationsapparatur nach seinem Ermessen aufzubauen. Am Ende dieses Prozesses erkennt Sm4 seinen Erfolg und erfreut sich daran. Der Versuchsaufbau des Schülers erfüllt den Zweck der Aufgabe und erscheint zudem fachlich passend. Im Gegensatz zu anderen SchülerInnengruppen, die meist das Becherglas zum Auffangen des Destillats auf ein Podest aus Kochtöpfen stellen, hat die Grundstruktur des Aufbaus von Sm4 einen deutlich wissenschaftlicheren Anschein (s. Abb. 6).



Abbildung 6: Apparaturaufbau der Schülergruppe (Panasonic_00001.mts_17:41)

Diese Gegebenheit zeigt auch einen deutlichen Unterschied zur Kategorie *Negotiating Scientific Content*, sowie zu Level 1 des Forschenden Lernens, wo den Schülerinnen und Schülern nahezu keine Möglichkeit der Führung des Geschehens gegeben wird.

Das Ausführen und Diskutieren von experimentellen Handlungen bestimmt diese Phasen im LSG. Die Schülerinnen und Schüler ergreifen Eigeninitiative und schreiten im Arbeitsprozess fort. Dazu übernehmen sie mehr und mehr Führungsanteile von der Lehrerin, bis es zu Phasen kommt, wo es den Schülerinnen und Schülern gelingt, die Führung gänzlich zu übernehmen und den Prozess nach ihren Vorstellungen zu strukturieren. Auf diese Weise übernehmen die Schülerinnen und Schüler den Fortschritt am Experiment ohne viel zusätzlicher Unterstützung der Lehrkraft. Diese Erscheinung tritt besonders deutlich in Unterrichtseinheiten auf, die nach Level 2 des Forschenden Lernens orientiert sind. Da die Schülerinnen und Schüler bei Level 2 das Untersuchungsdesign selbstständig erstellen müssen, können sie ihre eigenen kreativen Ideen nutzen, um ein Ergebnis zu erhalten.

Neben Verhandlungen über die Ausführung des Untersuchungsdesigns spielt auch prozessorientiertes Scaffolding der Schülerinnen und Schüler bei der Ergebnisinterpretation beziehungsweise Ergebnisüberprüfung eine wichtige Rolle. In diesen Phasen steuern die Schülerinnen und Schüler den Ablauf und leiten die Lehrerin hin zu Gedanken für die weitere Untersuchung. In folgender Szene übernimmt Sm4 erneut das Scaffolding. Die Lehrerin greift die Möglichkeit auf und versucht die gesamte Klasse mit einzubeziehen. In diesen Fällen ist das Tun und aktive Handeln erneut die Triebkraft für den weiteren Verlauf.

Sm4: Jetzt kommts voll geil raus aber kömma das dann probieren irgendwie dass das Alkohol ist? [dreht sich zu L]

L: Woran wie könnt ma das mach schaun dass das Alkohol ist? [fragt die gesamte Klasse]

Sm5: Kosten

Sm4: Dran schniefen [...]

L: Okay riechen wie wie könnt mas noch tun? Was was welchen //

Sm4: // Eintunken und abschlecken.

L: Nein Spiritus trink ma nicht kost ma nicht ah wie könnt ma trotzdem ah quasi den Alkohol nachweisen? Was macht Alkohol?

Sm4: Es brennt sehr gut [...] [696-703]

Mit signifikanten Denkanstößen versucht die Lehrerin die Schülerinnen und Schüler zur Ergebnisinterpretation zu leiten. In diesem Fall leitet sie auf die Brennbarkeit des destillierten Alkohols hin. Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Hilfestellung und können diese annehmen, um das Ergebnis der Untersuchung zu bestätigen.

In bestimmten Phasen des Experimentierens der Schülerinnen und Schüler ist eine deutliche Rollenverteilung zu erkennen. Diese ist vor allem bei Level 2 des Forschenden Lernens markant. Dabei agiert ein Schüler (Sm3) als antreibende Kraft. Er hat als oberstes Ziel, dass der Prozess vorangetrieben wird und Handlungen ausgeführt werden. Dabei müssen die Handlungen keinen inhaltlichen Bezug haben. Das primäre Ziel ist etwas zu Tun. Eine weitere Rolle im LSG kommt dem Organisator zu. Diese Person (Sm4) kennt den fachlichen Hintergrund und leitet die Gruppe an. Er erkennt das fachliche Hauptziel der Stunde und versucht die restliche Gruppe darauf hinzuführen. Parallel dazu nimmt eine weitere Person der Schülergruppe (Sm5) die Rolle des Vermittlers ein und vermittelt im Gespräch zwischen dem Organisator und der Lehrkraft. Sm5 weiß, dass die Lehrerin großen Wert auf das Schreiben von Protokollen legt und nutzt dieses Wissen. Auf diese Weise versucht der Schüler die Handlung schneller ausführen zu können, da die wichtigen Punkte der Lehrerin erfüllt sind. Folgendes Beispiel zeigt die unterschiedlichen Rollen in einer Phase der Destillationseinheit.

Sm3: sollen wir schon anfangen zu brennen? Und ich schreib Protokoll? [dreht sich zu L] [...]

Sm4: Warte wo ist 80 Grad? schau mal es darf nicht Sm3 Sm3 wichtig es darf nicht über dieses über diese Grenze gehen.

Sm3: Ja soll mas brennen oder?

Sm4: Warte noch Warte noch

Sm3: Geh holen

Sm5: Frau L schauen sie unser Experiment an ob ich es schon anzünden darf

Sm3: Können wir jetzt anfangen? [Dreht sich zu L] Und wir schreiben dabei [596-576]

Sm4 leitet die Untersuchung und vermittelt die Hintergründe. Er erläutert seinen Mitschülern, worauf der wichtige Aspekt der Temperatur liegt. Sm5 versucht den Prozess sichtlich zu beschleunigen, damit er die Destillation mit dem Brenner starten darf. Sein Fokus liegt auf der ausführenden Handlung. Sm5 steht zwischen den beiden Schülern, wobei auch seine Richtung zu den ausführenden Handlungen tendiert. Des Weiteren vermittelt der Schüler zwischen der Gruppe und der Lehrerin.

Die größte „Macht“ in diesen Verhandlungen besitzt das „Tun wollen“. Die Schülerinnen und Schüler zeigen sich sehr engagiert und wollen jede Gelegenheit nutzen eine experimentelle Handlung zu vollziehen. Die ist auch daran erkenntlich, dass die Schüler während der Destillation andauernd die Apparatur verändern wollen, um das Ergebnis zu verbessern. Nachstehender Ausschnitt verdeutlicht dieses Phänomen.

L: Was machst du? [Die Schüler kühlen das Rohr, damit das Gas schneller wieder im Glasrohr kondensiert]

Sm4: Wir kühlen die Röhre //

Sm5: // Wir wolln einen kühlenden Lappen drauf legen weil sonst der Alkohol verdampft //

Sm3: // Wir brauchen eine Kühlung sonst das es schneller dampft

L: Wo geht der Alkohol dann wieder hin?

Sm3: Es geht eh weiterhin aber es muss schneller schneller zur Flüssigkeit.

L: Okay

Sm5: Leg ihn da drauf leg ihn da drauf [dirigiert Sm4 wo er das nasse Tuch drauf legen soll] [637-644]

Das Tun wollen übernimmt in vielen Phasen des LSG's die Bestimmung der Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler. Bereits am Beginn der Planungsphase für das Experiment

erkennen manche Schülerinnen und Schüler, wie es ihnen gelingt ein passendes Ergebnis zu erreichen. Der Hintergrund ist in diesem Fall dem Schüler Sm1 nicht wichtig. Sm1 weiß, wie er an ein passendes Ziel kommen kann. Der wissenschaftliche Grund spielt keine Rolle für ihn. Das Handeln steht über dem Wissen, weshalb die Handlung Erfolg zeigen wird. Der Schüler ist sich seiner Handlung sicher und versucht unbedingt die Bestätigung der Lehrerin zu erhalten. Sm1 agiert nach dem Ziel Bestätigung der Lehrerin zu erlangen, um danach Handeln zu können, wie im folgenden Beispiel dargestellt.

L: Okay und jetzt die Erklärung dazu warum das so funktioniert

Sm1: Aber ist das richtig?

L: Das ist jetzt deine Vermutung

Sm1: Ja ich weiß dass es so geht

L: Ist deine Vermutung, also probierst es ja [...] Also Vermutung und auch warum warum ah Sm1 warum du die drei diese drei Sachen vermutest

Sm1: Aber ist das richtig? [745-750]

In einer weiteren Phase der Einheit handelt Sm1 weiter nach seinem Plan, der ihn zu einem erfolgreichen Ergebnis führt. Erst durch Nachfragen der Lehrerin nach dem Hintergrund, beziehungsweise nach dem naturwissenschaftlichen Phänomen, erkennt sie, dass der Schüler die Handlungen durchführt, ohne benennbares naturwissenschaftliches Wissen. Der Schüler kann aufgrund von Alltagserfahrungen handeln.

Sm6: Was war jetzt dein Plan überhaupt mit deinem Filter?

Sm1: dass wir damit einfach das //

L: // Sm1 warum filterst du das was passiert da?

Sm1: Dann bleibt der Sand da hängen

L: Ja warum?

Sm1: ja:: [805-810]

Beim eigenständigen Tun der Schülerinnen und Schüler ist auch erkennbar, dass sie ihre eigenen Leistungen als solche erkennen, was sich bezüglich der Motivation positiv auswirkt. Die Schülerinnen und Schüler freuen sich und arbeiten engagiert weiter, wenn sie die Resultate ihres Untersuchungsdesigns beobachten können. Nachstehender Ausschnitt zeigt Emotionen der Schülerinnen und Schüler, die eine Experimentierphase erfolgreich und passend abgeschlossen haben.

L: Das heißt was was habt ihr da jetzt was ist dieser Versuch den ihr da jetzt grad machts wie heißt das? Was macht ihr da?

Sm1: Schau schau jetzt

Sm6: ur geil ur geil

L: Drehts ihr jetzt ab weil es ist heiß genug was passiert jetzt?

Sm7: Es kommt Salz raus

*Sm6: Herst ihr müsst auch zuschauen (zur Klasse), Schaun sie schaun sie (zu B)
[winkt die restliche Klasse zu sich]*

L: Was passiert in dem Moment?

Sm1: Schaun sie wie schnell Schaun sie wie schnell (zu B)

Sm6: Salz wir ham Salz gewonnen

Sm1: Das könnte man vielleicht auch //

Sm6: // das schaut ur geil aus [916-926]

Phasen, in denen die Freude über Erreichtes dominiert, sind stark schülerinnen- und schülerzentriert. Die Lehrerin erhält in diesen Abschnitten kaum Macht den Unterricht zu steuern und erhält keine Möglichkeit am Gespräch teilzuhaben.

Ein weiteres Merkmal handlungsorientierter Prozesse von Schülerinnen und Schülern zeigt sich bereits bei der Planung zu Experimenten. Bei Level 2 des Forschenden Lernens ist es eine Aufgabe der Schülerinnen und Schüler das Untersuchungsdesign selbst zu gestalten. Die Gedanken- und Ideenfindungsphasen führen bei vielen Schülerinnen und Schülern zu Motivation und Engagement am Unterricht, wenn ihnen passende Möglichkeiten zur Bewältigung in den Sinn kommen. Im folgenden Beispiel verkündete die Lehrerin die

Aufgabenstellung. Die Schülerinnen und Schüler machen sich dazu Gedanken, wie die Aufgabe zu bewältigen ist.

Sm1: Ich weiß wie wir das machen! //

Sm6: // Nein, nein, sags nicht, sags nicht Es schaut schon gut so aus [versucht zu verhindern, dass Sm1 den anderen Gruppen eine Lösung sagt, Anm. DK]

L: Pssst! Leiser

Sm1: Ich hab eine Idee

L: Ah, Protokoll! Aufschreiben. Vermutung. Das glaub ich

Sm1: Ähm Hören sie mir mal zu [743-739]

In dieser Gesprächsphase ist zusätzlich zu erkennen, dass die Schülergruppe ihre Ideen nicht mit den anderen Schülerinnen und Schülern teilen möchte, um unter Umständen alleinige Anerkennung von der Lehrerin zu erhalten. Aus diesem Grund ist das wichtigste Ziel in dieser Phase, dass sie der Lehrerin ihre Gedanken erläutern können und als erste Gruppe Lob durch eine zufriedenstellende Aussage von der Lehrerin erhalten. Eine analoge Situation ist auch am Beginn der Destillationseinheit erkennbar, nachdem die Gruppen Zeit zur Planung des Untersuchungsdesign hatten.

L: Alle am Beratungstisch

Sm3: Ah, können wir anfangen?

L: Nein du kannst noch gar nicht!

Sm4: Wir werden gar nix sagen! Wir werden gar nix sagen! [dreht sich zu Sm3] [L winkt die anderen Gruppen zum Tisch] [371-374]

Handlungsorientierte Phasen treten auch bei Level 1 aus. Diese Phasen sind zwar äußerst selten und beziehen sich auf die Interpretation des Ergebnisses. Folgender Ausschnitt zeigt eine dieser Phasen bei der Glimmspanprobe.

Sm1: also Kann ich die eine schon rausnehmen?

L: So dort wo wenig ist die nehmts

Sm1: da die kann ich rausnehmen [Sm1 beginnt eine Spritze herauszunehmen]

L: daumen drauf daumen drauf welche ist das? Das ist die wenig [direkt zu Sm1] [...] die viel ist die lass drinnen das ist die brauchst die brauchst bitte und Daumen drunter ihr müsst eintauchen (-) die nehmts [zeigt welche Spritze benötigt wird] Anzünden das muss das muss

Sm1: Was soll ich damit machen [hält einen weiteren Spies in der Hand]

L: Das muss wirklich glühn [hält den Spies in die Flamme] halts selber Schatzi [zu Sw1] [Sw1 hält den glimmenden Spies in die Flamme und Sm1 nimmt die Spritze heraus] muss wirklich glühn

Sw2: Solln wirs zuerst zum glühn bringen oder

L: Ja bitte

Sw2: Sw3 hols raus Sw3 beeil dich es glüht [...]

Sm1: Kann ich den Finger abnehmen [233-247]

Einer der größten Unterschiede zwischen den beiden Hauptkategorien ist der stärkere Einfluss der Lehrerin im Gespräch mit den Schülerinnen und Schülern. Unterrichtseinheiten, die nach Forschendem Lernen Level 1 ausgerichtet sind, werden die meiste Zeit von der Lehrerin geleitet. Bei prozessorientierten Phasen, bei Level 2, bei welchen die Schülerinnen und Schüler eigenständige Untersuchungen ausführen und überlegen können, verschiebt sich die Leitung eines Gesprächs in Richtung der Schülerinnen und Schüler, sodass sie mehr Einfluss auf das Handeln haben. Wie bereits weiter oben in diesem Kapitel erwähnt, strukturiert die Lehrerin eigenständige Experimentierphasen offener. Insofern passt sie auch ihr Gesprächsverhalten daran an, gibt Hinweise auf die Durchführung einer Untersuchung und lässt den Schülerinnen und Schüler Freiheiten beim Handeln, es sei denn, sie wird, wie bereits erwähnt, von der Idee eines Schülers „überstimmt“.

Anschließend werden nun die Gesprächsmuster erläutert, die vor allem in dieser Kategorie zu finden sind. Neben den vor allem auf Level 1 auftretenden lehrkraftzentrierten Gesprächsformen, können bei handlungsorientierten auch reaktive Verhaltensmuster im LSG ermittelt werden. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass Schülerinnen und Schüler mehr Einfluss auf die Struktur des Gesprächs haben. Eine dieser Erscheinungsformen ist der Reflective Toss (van Zee & Minstrell, 1997). Bei einem Reflective Toss leitet eine

Schülerin oder ein Schüler diese Phase mit einer kurzen Äußerung ein. Darauf folgt eine offene Frage der Lehrperson, die das Denken der Schülerinnen und Schüler beeinflusst. Anschließend erfolgt eine auf die Frage passende weitere Aussage der Schülerinnen und Schüler. Im nachstehenden bereits bekannten Ausschnitt ist eine solche Phase abgebildet und beschriftet.

S-Frage	<i>Sm4: Jetzt kommts voll geil raus aber kömma das dann probieren irgendwie dass das Alkohol ist? [dreht sich zu L]</i>
L-Frage	<i>L: Woran wie könnt ma das mach schau dass das Alkohol ist? [fragt die gesamte Klasse]</i>
S-Äußerung	<i>Sm5: Kosten</i>
S-Äußerung	<i>Sm4: Dran schniefen [...]</i>
L-Frage	<i>L: Okay riechen wie wie könnt mas noch tun? Was was welchen //</i>
S-Äußerung	<i>Sm4: // Eintunken und abschlecken.</i>
L-Frage	<i>L: Nein Spiritus trink ma nicht kost ma nicht ah wie könnt ma trotzdem ah quasi den Alkohol nachweisen? Was macht Alkohol?</i>
S-Äußerung	<i>Sm4: Es brennt sehr gut [696-703]</i>

Die abgebildete Szene zum Reflective Toss wird von der Aussage und Frage von Sm4 eingeleitet und setzt sich in mehrgliedrigen Gesprächswechseln fort. Die Fragen der Lehrerin beeinflussen die Äußerungen des Schülers. Durch prozessorientiertes Scaffolding gelingt es der Lehrerin den Schüler zu unterstützen, sodass dieser seine eigenen Ideen präsentieren und in weiterer Folge auch durchführen kann.

In diesem Zusammenhang ist zu nennen, dass es auch signifikante Phasen nach I-R-E-Muster (Initiation-Response-Evaluation) beim Forschenden Lernen Level 2 gibt. In diesen Abschnitten liegt der Fokus des Gesprächs auf der Verhandlung inhaltlicher Themen und das aktive Experimentieren bleibt zwischenzeitlich unbeachtet. Das nachstehende Beispiel aus der Stofftrennungseinheit soll dies verdeutlichen.

- I *L: // Also das Filterpapier hat kleinere Löcher als das Sieb und warum bleibt jetzt das da Sand im Filterpapier hängen?*
- R *Sm7: Weil das Wasser*
- R *Sm8: Weil es weil es größer ist [...]*
- I *L: Was ist größer?*
- R *Sm7: Das der Sand*
- R *Sm8: Als diese Löcher*
- I *L: Was ist größer?*
- R *Sm7: Na der Dreck da*
- R *Sm8: Die Späne*
- E *L: Na der Sand ist größer als die Löcher als die Poren des Filters genau so ist es wunderbar. Das heißt welche Eigenschaft hamma da verwendet? [klopft auf den Tisch] [884-894]*

Abschließend zur Kategorie *Negotiating Experimental Activities* ist zu bemerken, dass experimentelles Handeln ein übergeordnetes Ziel der Schülerinnen und Schüler darstellt. Die Gesprächsinhalte beziehen sich auf aktive Ausführungen oder Gedanken zu zukünftigen Ausführungen des Experiments. Die Triebkraft des eigenständigen Tuns kann von der Lehrerin genutzt werden, um durch prozessorientierte Phasen zu führen. Die wesentlichen Absichten der Lehrerin beschränken sich auf das Strukturieren der Handlungen. Eine Ausprägung dieser Kategorie ist prozessorientiertes Scaffolding, welches sowohl von der Lehrerin, als auch von Schülerinnen und Schülern gesteuert bzw. initiiert sein kann. Auf Schülerinnen- und Schülerseite steht vor allem das aktive Handeln im Vordergrund, dass nicht zwangsläufig theoriegesteuert sein muss. Diese Ausprägung kann durch unterschiedliche Strategien erreicht werden. Die Schülerinnen und Schüler benötigen vor vielen Handlungen eine Bestätigung der Lehrerin, insofern ist es manchen Schülerinnen und Schülern wichtig mit der Lehrerin und ihren eigenen Interesse (dem Handeln) zu vermitteln. Für mich steht das Handeln-wollen der Schülerinnen und Schüler über dem Vermitteln und Leiten in den Unterrichtsphasen. Extra hervorzuheben sind direkte

Sicherheitshinweise, die die Lehrerin bei Bedarf vorgibt. Die die Sicherheit beim Experimentieren eine wichtige Rolle spielt sind sie innerhalb dieser Kategorie als eine Art Ausprägung integriert. Prozessorientiertes Handeln nimmt in Kontrast zu Forschendem Lernen Level 1 vor allem bei Level 2 eine bedeutende Rolle ein. Dieses Auftreten ist durch die Merkmale dieser unterschiedlichen Stufen des Forschenden Lernens bedingt.

Die im Anschluss an die Hauptkategorien angeführten Sub-Kategorien sind beiden Hauptkategorien passend. Diese treten sowohl bei inhaltlichen, als auch bei handlungsorientierten Sachverhalten auf und sollen zeigen, wie in bestimmten Phasen des Unterrichts verhandelt wird. In den folgenden Abschnitten werden weitere erarbeitete Unterkategorien dargestellt, die in bestimmten Phasen auch Einfluss auf die eben erläuterten Hauptkategorien nehmen. Hier direkt folgend ist ein Memo abgebildet, welches Gedanken zu den Hauptkategorien abbildet.

Memo zu den Hauptkategorien

Die anfänglich angedachten Kategorien SCAFFOLDING CONTENT und SCAFFOLDING PROCESS wurden schlussendlich abgeändert und an den Forschungsfokus angepasst. Ziel der Forschung war es, die Ziele sowohl von der Lehrerin als auch von den Schülerinnen und Schülern zu erkennen. Vor allem eine Kategorie mit dem Titel SCAFFOLDING PROCESS hätte nahezu ausschließlich die Lehrperson betroffen und die Handlungen und Ziele der Schülerinnen und Schüler wären vernachlässigt worden. Aus diesem Grund wurden die beiden Hauptkategorien alternativ und passender mit NEGOTIATING SCIENTIFIC CONTENT und NEGOTIATING EXPERIMENTAL ACTIVITIES betitelt. Die Titel wurden beabsichtigt ungleich den Zielen des Forschenden Lernens (vgl. Abrams et al., 2008) benannt. Aber scientific content ist doch ein Ziel?

7.1.3. Darstellung relevanter Sub-Kategorien

In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung weiterer Kategorien. Diese Kategorien erwiesen sich als zu wenig signifikant, um als eigene Hauptkategorien auf gleicher Ebene, wie

Negotiating Scientific Content und *Negotiating Experimental Activities*, ausgeführt zu werden, zeigen aber dennoch wichtige Aspekte, die bei der Verhandlung von Zielen im LSG eine Rolle spielen. Die nun vorgestellten Unterkategorien stehen in bestimmten Phasen in engem Zusammenhang mit den Hauptkategorien und weisen vergleichbare Ziele im LSG auf. Dennoch zeigen die Unterkategorien wichtige Verhaltensweisen, welche für eine Darstellung in einem eigenen Kapitel sprechen.

7.1.3.1. Accelerating the Progress

Die erste der drei Unterkategorien trägt den Titel *Accelerating the Progress* und tritt bei der Verhandlung von naturwissenschaftlichen Inhalten auf. Insofern ist diese Unterkategorie eine bestimmte Merkmalsausprägung bei der Verhandlung von Inhalten und ist mit der Kategorie *Negotiating Scientific Content* verbunden. *Accelerating the Progress* wird nur von der Lehrerin angewendet und zeigt sich in bestimmten Phasen des Unterrichts im LSG. Dabei wird der Verlauf der Stunde bewusst von der Lehrerin beschleunigt und in die intendierte Richtung gelenkt. Das Auftreten dieser Beschleunigungsphasen geht mit direkten Hinweisen oder geschlossenen Fragen, die auf das Ziel der Lehrerin hindeuten, einher. *Accelerating the Progress* findet zu keiner bestimmten Zeit im Unterricht statt, sondern zeigt sich vor allem, wenn die Schülerinnen und Schüler den angedachten Weg der Lehrerin verlassen und es scheint, als könnten sie auf diesen Weg nicht von alleine zurückkehren, unabhängig ob Forschendes Lernen Level 1 oder Level 2. Das unten abgebildete Beispiel soll diese Handlung der Lehrerin zeigen. Die fett markierten Abschnitte im Transkript zeigen jene Aussagen, die für diese Kategorie relevant sind.

L: [...] aber du hast gesagt es entsteht was?

Sw4: Gase

L: Gase okay also kein Wasserdampf [...] aber man siehts oder?

Sw4: Ja man sieht das an der Spritze da gehts so [zeigt mit den Händen wie die Bläschen an der Spritze entstehen]

L: Ganz kleine Gasbläschen steigen dort auf okay gut vielleicht fällt euch noch was auf? (-) ists überall gleich?

Sw5: Nein wo die Nadel andockt

Sw4: Nein wo die Nadel ist da sind die meisten Bläschen

L: Also um die Nadel herum [...]

Sw5: ist das Salz?

*L: Nein das ist kein Salz ist es **ist es ähm bei beiden gleich?** [42-58]*

Die Lehrerin wendet inhaltliches Scaffolding, um im Unterricht fortzuschreiten. Nachdem die Schülerinnen den angedachten Weg der Lehrerin verlassen (Sw5: ist das Salz?), beschleunigt die Lehrerin in diesen Phasen bewusst die Geschwindigkeit des Vorrankommens der Stundenstruktur, um ein zeitgerechtes Abschließen des Ergebnisses zu garantieren. Im ersten markierten Teil, nach der Bestätigung des voran gegangenen Inhaltsabschnitts, weist die Lehrerin auf eine weitere Beobachtung hin (L: Ganz kleine Gasbläschen steigen dort auf okay gut vielleicht fällt euch noch was auf?). Nachdem keine rasche Antwort erfolgt, wartet die Lehrerin eine kurze Dauer, bis sie direkt auf die zu erkennende Beobachtung hinweist (L: ists überall gleich?). In diesem Moment könnte die Lehrerin vermuten, dass unzureichend Zeit für das selbstständige Erkennen der Schülerinnen und Schüler bleibt oder die Schülerinnen und Schüler nicht auf die unterschiedliche Menge des entstandenen Gases schließen könnten. Mit dieser Beschleunigung erspart sich die Lehrerin einen möglichen Dialog über andere Beobachtungen. Im Vergleich zu der zuerst offenen Frage (L: gut vielleicht fällt euch noch was auf?) und der anschließenden Antwort der Schülerin (Sw5: ist das Salz?) möchte die Lehrerin keine weitere Zeit mehr damit verbringen, die Schülerinnen und Schüler selbst auf die erwünschte Beobachtung zu schließen, sodass sie eine geschlossene Frage mit direktem Hinweis auf die Beobachtung stellt. Auf diese Weise kann die Lehrerin das Tempo des Unterrichtsgeschehens erhöhen und zum nächsten Punkt fortsetzen.

Signifikant für das Auftreten der Beschleunigungsphasen sind vorangegangene abweichende Aussagen der Schülerinnen und Schüler im LSG (Sw5: ist das Salz?), in welchen die Lehrerin bewusst auf das Stundenziel (Die Schülerinnen und Schüler sollen den

Vorgang der Elektrolyse verstehen und die entstandenen Gase mit der zugehörigen Reaktionsgleichung bestimmen und nachweisen können) hinleiten möchte.

Im Kontrast zu den Beschleunigungsphasen treten auch Abschnitte auf, die den Fortschritt der Stunde bewusst verlangsamen oder gar in einem Einschub münden. Diese Phasen werden mit der Darstellung der nächsten Unterkategorie *Amplifying the Topic* beschrieben.

7.1.3.2. Amplifying the Topic

Im Gegensatz zu den eben beschriebenen Verhaltensweisen, die das Stundenziel schneller erreichen lassen, steht die Unterkategorie *Amplifying the Topic*. In diesen Phasen erfolgt ein gewollter Einschub der Lehrerin zu einem Thema, um dieses genauer, oder auf eine andere Weise zu erläutern. Einschübe können sowohl bei der Verhandlung inhaltlicher Themen, wie auch als Ergänzung bei prozessorientiertem Scaffolding zur Hilfestellung der Schülerinnen und Schüler dienen.

Diese Handlungsmuster können dahingehend erläutert werden, dass die Lehrerin bestimmtes Grundwissen als unbedingt notwendig erachtet und deshalb die im Folgenden dargestellten Einschübe nutzt. Diese Einschübe sollen den Schülerinnen und Schülern Basiswissen vermitteln und Schülervorstellungen klären helfen. Die Lehrerin eröffnet solche Phasen meist, indem sie die gegebene Antwort aufgreift und erneut als Frage formuliert. Gelingt es den Schülerinnen und Schülern eine passende Aussage zu den Einschüben zu geben, schreitet die Lehrerin in ihrem Plan fort. Gelingt dies nicht, versucht sie die Frage noch größer zu betrachten, um einen weiteren Blickwinkel auf das Thema zu erlangen. Das Ziel in solchen Phasen ist dem Vermitteln von naturwissenschaftlichen Sachverhalten zugeordnet, erhielt aber aufgrund der Signifikanz eine eigene Bedeutung und Rolle bezüglich inhaltlichen Scaffoldings. Das nächste Beispiel zeigt eine mögliche Form des beschriebenen Einschubs.

L: Was löst sich nicht auf?

Sm1: Also weil sich der Sand nicht im Wasser auflöst

L: okay und wieso bleibt er dann im Filter? (-)

Sm1: weil er den Sand abfängt

L: Wieso geht da Sa das Wasser durch?

Sm1: weil das eine kleinere Dichte hat? (-) oder weils //

L: // was ist denn ein Filterpapier? Wie schaut denn ein Filterpapier aus wenn man es unterm Mikroskop aus anschaut?

Sm1: ja:: das hat so Fäden die verwebt sind denk ich mal wahrscheinlich [gestikuliert] [815-822]

In diesem Fall stellt sich der Einschub als eine allgemeinere Sicht auf die Problemstellung dar. Die markierte Zeile im Transkript stellt die signifikante Aussage dar. Die Lehrerin versucht den Schüler auf die passende Antwort zu leiten, indem sie Hintergrundwissen thematisiert. Diese Szene beschreibt eine markante zoom-out Situation, die eine entferntere Betrachtung ermöglicht, um mittels inhaltlichem Scaffolding eine beobachtbare Handlung zu begreifen.

Eine ähnliche Szene ist im folgenden Ausschnitt abgebildet. In dieser Phase wird über inhaltliche Themen bei der Elektrolyseeinheit verhandelt. Die Lehrerin versucht dabei, mittels Einschub, grundlegendes Basiswissen darzulegen und den Schülerinnen und Schülern zu vermitteln. Die fett markierten Aussagen zeigen die signifikanten Stellen des Einschubs. Dieser wird durch eine Äußerung der Schülerin initiiert, die für die Lehrerin unpassend erscheint und daher intensiv thematisiert wird.

L: Was könnten die Bläschen sein?

Sw5: Es kocht

L: Was heißt kochen?

Sw4: Dass es ähm das Wasser ähm fängt an zu kochen und

L: Was also kochen tun ma in der Küche. Wie heißt der Ausdruck wenn ma in Physik oder Chemie davon reden?

Sw4: Blubbern?

L: Na blubbern tuts a [auch, Anm. DK] in der Küche

Sw4: Es wird heiß es es wandelt sich in Gas [22-29]

In dieser Szene gelingt es den Schülerinnen nicht, den erwünschten Begriff zu nennen. Erst nachdem ein Schüler aus einer anderen Gruppe zum Gespräch dazu kommt und den Begriff „über den Siedepunkt bringen“ nennt, setzt die Lehrerin fort.

Neben eben dargestellten Einschüben, nach denen rasch wieder zum eigentlichen Inhalt und Ziel der Lehrerin zurückgekehrt werden kann, existieren auch jene, wo dies nicht der Fall ist und inhaltliche Aspekte grundsätzlich erläutert werden. In diesen Phasen versucht die Lehrerin bestimmte Inhalte zu vermitteln, indem sie das Thema erweitert und globaler betrachtet. Führt dieser Einschub zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis, so erfolgt ein weiterer Einschub, wie nachstehend ersichtlich. Fett markierte Aussagen stellen wichtige Phasen der Einschübe dar.

L: So und jetzt ist die Frage ihr seht dass sich die plötzlich mit //

Sw2: // Luft gefüllt //

*L: // Gas gefüllt. **Du meinst mit Luft gefüllt, woher kommt die Luft?***

Sm1: Die entsteht

L: Was entsteht?

Sw4: Sauerstoff //

SwX: // Sauerstoff //

Sm1: // Luft halt Sauerstoff

L: Kann Luft dort hinein? [...]

Sw4: Ja weil sich der Sauerstoff //

Sw5: // Weil es sich zersetzt. Das zersetzt sich ja

L: Herrschaften was ist denn Luft?

SwX: Sauerstoff (leise)

Sw2: Das da da [winkt mit den Händen in der „Luft“ herum]

L: okay und woraus besteht und und das heißt das da kommt jetzt plötzlich da hinein? [...]

Sw4: Ja, weil das im Wasser drin ist [...] weil das Sauerstoff ist. Weil Luft, ist Sauerstoff! (--)

L: Da würd ma nicht gut ausschauen wenn wir da hundert Prozent Sauerstoff atmen [...]

Sw5: Da ist noch was anderes dabei

L: Okay [...] Wie viel wie viel Prozent Sauerstoff sind den in der Atemluft Herrschaften? [116-140]

Bei Betrachtung dieser Szene wird ersichtlich, dass naturwissenschaftliches Basiswissen bezüglich der Unterscheidung von Luft und Sauerstoff fehlt. Die Lehrerin erkennt dies aufgrund der Aussage von Sw2, als die Schülerin den Satz der Lehrerin zu Ende spricht und die entstandenen Gase mit Luft gleichsetzt. Zuerst versucht die Lehrerin die Schülerinnen und Schüler nur darauf hinzuweisen, sodass sich diese selbst ausbessern hätten können. Dazu verweist sie auf die abgeschlossenen Spritzen, in welche im Experiment keine Luft hineindringen hätte können. Die Schülerinnen und Schüler bezeichnen das entstandene Gas als Luft und Sauerstoff. Insofern erscheinen beide Begriffe für die Schülerinnen und Schüler äquivalent und synonym. Der Lehrerin gelingt es anschließend im weiteren Gesprächsverlauf die Schülerinnen und Schüler darauf hinzuleiten, dass bei Luft noch andere Substanzen oder Stoffe vorhanden beziehungsweise enthalten sind. Dazu versucht sie den Schülerinnen und Schülern den Sauerstoffgehalt der Luft erkenntlich zu machen und die möglichen Konsequenzen, falls Luft aus reinem Sauerstoff bestünde. Dieser Einschub erfolgt über eine längere Zeitspanne, in der vom eigentlichen Stundenziel abgewichen wird, da es für die Lehrerin zum Verständnis des Experiments einen wichtigen Aspekt darstellt, die entstandenen Gase richtig identifizieren zu können.

Im Kontrast zu den gezeigten Einschüben stehen Phasen, wo keine Einschübe erfolgen, obwohl bestimmte Vorstellungen den Schülerinnen und Schülern im Weg stehen und dem Verständnis entgegenwirken. Das folgende Beispiel zeigt eine solche Phase.

L: Was tut sich? [L schaut auf das Experiment]

Sw5: Das Salz löst sich auf nein

L: Das ist kein Salz

[...]

Sw5: ist das Salz?

L: Nein das ist kein Salz [11-58]

In gezeigter Phase, als die Lehrerin keinen Einschub vornimmt, versucht sie schneller in der Stundenstruktur voran zu kommen. Dabei zeigen sich gegebenenfalls bestimmte Vorstellungen und Ideen von Schülerinnen und Schülern, die dem Verstehen des eigentlichen Inhalts entgegenwirken und mehrfach auftreten können. Insofern ist erkenntlich, dass in bestimmten Phasen Einschübe zur Erläuterung von Basiswissen hilfreich sein können. Auf diese Weise ist es möglich, dass in fortgeschrittenen Phasen des Unterrichts bestimmte Wissensinhalte den Schülerinnen und Schülern verständlich erscheinen.

Im nachfolgenden Abschnitt wird der wichtige Bezug zur begrenzten Zeit einer Unterrichtseinheit erläutert und dargestellt, welchen Einfluss die Zeit auf den Unterrichtsverlauf nimmt.

7.1.3.3. Noting Time Limit

Neben den eben erläuterten Kategorien bezüglich der Verhandlung von inhaltlichen Themen und Prozessen im LSG erschien während der Forschungsarbeit ein weiteres Merkmal bei der Umsetzung der Ziele von der Lehrerin markant. Die daraus entstandene Unterkategorie wurde *Noting Time Limit* genannt und beeinflusste das Unterrichtsgeschehen in mehreren Phasen. *Noting Time Limit* bezieht sich auf den von außen festgelegten Faktor der Zeit einer Unterrichtseinheit. Insofern ist ein signifikantes Ziel der Lehrerin neben der Vermittlung von Inhalten auch, dass die Vermittlung innerhalb der festgelegten Rahmenbedingung stattfindet. Erst durch die intensive Beschäftigung mit den Daten zeigte sich, dass die eingeschränkte Zeit die Verhandlung im Unterricht stark

lenkt. Die Lehrerin verwies in etlichen Phasen des Unterrichts im LSG auf die verbleibende Zeit hin und versuchte auf diese Weise den Schülerinnen und Schülern zu verdeutlichen, dass sie in absehbarer Zeit zu einem Ergebnis kommen mussten. Diese Hinweise konnten direkt und auf explizite Handlungen bezogen sein, wie nachstehendes Beispiel mit fett markierten Aussagen zeigt.

Sm4: Wir stützens halt ein bisschen damits nicht abbricht halt [Sm4 baut die Apparatur nach seinen Vorstellungen auf, ohne den Blechtopf] [...]

L: Ah Ihr habts nicht mehr viel Zeit

Sm5: Wir sind immerhin noch Wir sind immerhin noch weiter als die anderen [...]

L: Ah nochamal Sm4 du verzettelst dich schon wieder ihr seid ihr braucht's ihr habt's nur mehr a Viertelstund

Sm4: bin eh fertig

L: in einer Viertelstunde müsst ihr fertig sein und wegräumen! [562-567]

Zusätzlich zu direkten Hinweisen auf eine verbleibende Minutenanzahl konnte auch prozessorientiertes Scaffolding der Lehrerin so ausgelegt sein, um eine Verkürzung der benötigten Zeit zu bewirken. Folgender Ausschnitt stellt eine solche Szene dar. In diesen Phasen versucht die Lehrerin den individuell gestalteten Unterricht so zu steuern, dass ein passendes Ergebnis erreicht werden konnte.

L: Ah Zeit läuft 10 Minuten noch (-) na 13 Minuten *[blickt auf die Armbanduhr]*
[...] Da möcht ich dann wieder alle drei haben. Da das Holz da da Sand da das Salz okay *[deutet auf eine Plastikbox mit drei Bereichen]*

Sm1: Aber aber das Salz das das muss ich ja das

L: Ihr habts 12 Minuten noch Zeit los [...]

Sm1: Ja dann muss ich ja warten bis es verdampft und dann

L: Kannst du das beschleunigen? [...]

Sm1: Ja indem ichs koche

L: Okay wir ham da draußen eine Herdplatte ein ein Reindl [757-766]

In Bezug zur dargestellten zeitlichen Einschränkung und deren Einfluss auf Verhandlungen zeigten sich deutliche Unterschiede von Forschendem Lernen Level 1 und Level 2. Im Kontrast der beiden Erscheinungsformen wurde ersichtlich, dass die zeitliche Erwähnung wiederholend während des gesamten Unterrichtsverlaufs im LSG bei Level 2 vorkam, im Gegensatz dazu auf Level 1 des Forschenden Lernens keine explizite Nennung fand. Ein möglicher Grund für dieses Erscheinungsbild könnte die freiere Gestaltung der Unterrichtsstruktur auf Level 2 sein. Bei diesem Setting erhielten die Schülerinnen und Schüler freie Hand zum Designen der Untersuchung. Daher konnte die Lehrerin weniger Einfluss auf die Struktur und den zeitlichen Rahmen nehmen, wodurch sie mehrfach auf die begrenzte Zeit hinwies. Im Vergleich dazu verlief der Unterricht auf Level 1 strukturiert und vorgeplant. Die Lehrerin wusste in diesem Setting, wie lange das gewählte Experiment dauern würde und konnte die Zeit für Verhandlungen darüber einteilen und steuern.

Dieser Abschnitt bildete den Abschluss zur Beschreibung der erarbeiteten Kategorien und Merkmale. Im Folgenden werde ich die Forschungsfrage erneut anführen und nehme eine detaillierte Beantwortung dieser vor.

7.2. Beantwortung der Forschungsfrage

In diesem Abschnitt werde ich die bereits vorgestellten Forschungsfragen erneut abbilden und anschließend erläutern. Die Hauptforschungsfrage, welche durch diese Diplomarbeit führt, lautet wie folgt:

***Welche Ziele der Lehrerin und der Schülerinnen und Schüler sind während
des Experimentierens beim Forschenden Lernen im LehrerInnen-
SchülerInnen-Gespräch erkennbar?***

Die Beantwortung der Frage konnte mittels intensiver Analyse der verwendeten Daten erreicht werden. Die wesentlichen Ziele der Lehrerin während des Experimentierens im LSG beziehen sich auf das Vermitteln von naturwissenschaftlichen Inhalten. Zu diesem Zweck

nutzte sie inhaltliches und prozessorientiertes Scaffolding, um Schülerinnen und Schülern in unterschiedlich freigestalteten Settings Inhalte zu vermitteln. Die Lehrerin leitete die Schülerinnen und Schüler im Gespräch gezielt zu angestrebten Ergebnissen hin, welches die Schülerinnen und Schüler nach dem Level des Forschenden Lernens zu interpretieren hatten. Ein wichtiger Aspekt beim Scaffolding war, dass die Lehrerin den Schülerinnen und Schülern die Ergebnisse nicht vorgab, sondern sie dorthin führte. Auf diese Weise sollte es den Schülerinnen und Schülern gelingen die Unterrichtseinheiten erfolgreich abzuschließen. Die Lehrerin leitete von Teilziel zu Teilziel (s. Abschnitt 7.1.1, Tab. 5), um bei den Schülerinnen und Schülern ein Gesamtverständnis des Experiments zu bezwecken. Das Ziel ‚Vermittlung von Inhalten‘ wurde mit unterschiedlichen Varianten erreicht. Dazu beschleunigte die Lehrerin die Thematik mit gezielten Fragen oder verlangsamte den Unterricht durch die Besprechung von naturwissenschaftlichem Grundwissen. Aufgrund der freien Gestaltungsmöglichkeiten bei Level 2 verwies die Lehrerin immer wieder auf die Zeit, damit die Schülerinnen und Schüler innerhalb des vorgegeben Rahmens zu einem Ergebnis gelangen konnten.

Im Gegensatz zur Lehrerin verfolgten die Schülerinnen und Schüler abweichende Ziele. In Unterrichtsphasen, wo im Moment keine aktiven Handlungen zum Experiment stattfanden, bezogen sich die Ziele der Schülerinnen und Schüler vor allem auf das Beantworten der Fragen der Lehrerin. Diese Antworten konnten begründet oder unbegründet, sowie auf Beobachtungen oder Hintergrundwissen bezogen sein. Die Schülerinnen und Schüler versuchten die Lehrerin mit passenden Antworten zufrieden zu stellen. In diesen Phasen zeigten sich kaum Szenen, wo Schülerinnen und Schüler aus eigenem Antrieb ihr Wissen durch Fragen an die Lehrerin erweitern.

Im Kontrast dazu stand das aktive Tun und Handeln in Experimentierphasen als Hauptziel der meisten Schülerinnen und Schüler im Fokus. Die Schülerinnen und Schüler versuchten so viele Tätigkeiten beim Experimentieren auszuführen wie nur möglich. Bei einigen Schülerinnen und Schülern ist zu erkennen, dass sie um des Handelns Willen handeln. Das Tun und Machen steht dabei im Vordergrund, die Bedeutung beziehungsweise der Hintergrund der Handlungen spielt eine untergeordnete Rolle. Neben diesen Schülerinnen und Schülern existieren auch jene, die eine gewisse Vermittlerrolle zwischen der Lehrerin

und der Handlung einnehmen. Diese versuchen ihre Handlungen zuvor mit der Lehrerin abzusprechen. Ein möglicher Grund könnte hier erneut sein, die Lehrerin zufrieden zu stellen. Beim aktiven Experimentieren versuchen manche Schülerinnen und Schüler innerhalb der Gruppe den Prozess zu strukturieren und die Steuerung zu übernehmen. In diesen Fällen nimmt das Ziel einen Fortschritt bei der Handlung zu erzielen einen wichtigen Aspekt ein.

Zusammengefasst ist hinzuzufügen, dass die Lehrerin bei der Verhandlung der Ziele im LSG vor allem den Unterricht strukturieren und Inhalte an die Schülerinnen und Schüler vermitteln möchte. Die Schülerinnen und Schüler versuchen in erster Linie auf die Lehrerin und ihre Fragen mit passenden und zufriedenstellenden Antworten zu reagieren. In aktiven Experimentierphasen bildet das aktive Tun und Machen den Schwerpunkt der Handlungen der Schülerinnen und Schüler. Dadurch ist zu erkennen, dass die Ziele der Lehrerin und der Schülerinnen und Schüler in aktiven Experimentierphasen näher beieinander liegen als bei der Verhandlung von inhaltlichen Sachverhalten.

Neben der Hauptforschungsfrage wurden auch zwei Unterfragen formuliert. Die erste dieser Fragen bezieht sich auf die Art der Verhandlung und ist nachstehend ersichtlich:

Wie verhandeln die Lehrerin und die Schülerinnen und Schüler ihre unterschiedlichen Ziele beim Forschenden Lernen während des Experimentierens im LSG?

Die Lehrerin verfolgt unterschiedliche Varianten, um ihr Ziel ‚Inhalte zu vermitteln‘ zu erreichen. Am Beginn der Gespräche nutzt die Lehrerin vor allem offenere Fragen, um den Schülerinnen und Schülern keine Denkrichtung vorzugeben. Auf diese Weise soll den Schülerinnen und Schülern ermöglicht werden, die Fragen auf unterschiedlichen Ebenen, beispielsweise durch begründetes Wissen oder Beobachtung, beantworten zu können.

Im Verlauf des LSG's werden die Fragen der Lehrerin konkreter und deuten auf das zu erreichende Ziel hin. Die Fragen zeigen direkt auf den zu beschreibenden Inhalt hin. Ein möglicher Grund für das Aufkommen von konkreteren Fragen könnte sein, um den

Fortschritt der Stunde zu steuern. In Phasen des aktiven Experimentierens verweist die Lehrerin häufig auf Begründungen von beobachtbaren Phänomenen und bezieht sich dabei direkt auf die Ereignisse am Experiment. Damit inhaltliches Scaffolding zu einem Ergebnis führt, bezieht sich die Lehrerin auf alternative Hilfsmittel, wie Reaktionsgleichungen an der Tafel, um Schülerinnen und Schülern beim Verständnis zu unterstützen. Am Ende einer Verhandlungsphase über ein bestimmtes Teilziel erfolgt meist eine Zusammenfassung des Ertrages, um den Schülerinnen und Schülern die wesentlichen Aspekte vorzulegen.

Die Schülerinnen und Schüler antworten auf die Fragen der Lehrerin vorwiegend mit kurzen und teilweise unvollständigen Sätzen, die sich auf Beobachtungen am Experiment beziehen. Erst durch geschicktes Hinleiten der Lehrerin können die Schülerinnen und Schüler auf gezielte Hintergründe zu Beobachtungen eingehen. Ein wesentlicher Fokus der Schülerinnen und Schüler liegt auf der Ausführung von Handlungen. Die Handlungen werden durchgeführt und mit kurzen Aussagen der Lehrerin beschrieben. Innerhalb der Gruppen beschreiben die Schülerinnen und Schüler ihre Tätigkeiten und erteilen in bestimmten Situationen ihren Mitschülerinnen und Mitschülern Aufträge, um ein erfolgreiches Ergebnis des Experiments zu erzielen.

Die zweite Unterfrage soll die beiden analysierten Levels des Forschenden Lernens kontrastieren und darstellen:

***Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede ergeben sich in der Interaktion
der Lehrerin und den Schülerinnen und Schülern beim Forschenden Lernen
zwischen Level 1 und Level 2 während des Experimentierens?***

Die Unterrichtssettings des Forschenden Lernens auf Level 1 und Level 2 weisen in bestimmten Phasen deutliche Unterschiede auf. Ein diesbezüglich wichtiger Aspekt ist das Scaffolding der Lehrerin. Bei Level 1 des Forschenden Lernens liegt der Schwerpunkt auf der Vermittlung von Inhalten. Die Lehrerin leitet die Schülerinnen und Schüler mit gezielten Fragen auf bestimmte Wissensinhalte und beobachtbare Phänomene hin. Dazu werden am Beginn offene Fragen gestellt, die im Lauf der Verhandlung konkreter werden, bis sie

schließlich auf einen wichtigen Aspekt abzielen. Phasen, die nach Level 1 des Forschenden Lernens orientiert sind, weisen eine stärkere vorgegebene Struktur auf, die von der Lehrerin verfolgt wird. Die Schülerinnen und Schüler orientieren sich an Beobachtungen und versuchen die Fragen der Lehrerin zufriedenstellend zu beantworten. Die Antworten verlaufen meist kurz und bestehen aus wenigen, teils unvollständigen Sätzen.

Im Kontrast dazu ist in Phasen zum Forschenden Lernen Level 2 deutlich mehr Freiraum im Unterrichtsgeschehen erkennbar. Die Schülerinnen und Schüler gestalten ihr Untersuchungsdesign selbst. Die Lehrerin ist bei Fragen unterstützend zur Stelle und gibt Anweisungen bezüglich des Materials, strukturiert den Unterricht allerdings weniger als bei Level 1. Der Fokus der Schülerinnen und Schüler liegt klar auf der Ausübung von Handlungen. Aktive Tätigkeiten leiten den Forschungsprozess. Wie bereits Krajcik et al. (1988) in ihrer Studie erkannten, bedeutet ein Interesse an Handlungen nicht zwingend, dass ein Verstehen des Sachverhaltes für die Schülerinnen und Schüler bedeutend ist. Die Macht der Handlungen bewirkt den Fortschritt in diesen Phasen des Unterrichts. Aufgrund der geringeren Planungsmöglichkeit der Lehrerin nimmt die zeitliche Einschränkung einen großen Einfluss auf den Unterrichtsprozess. Die Lehrerin verweist im LSG mehrfach und deutlich auf die verbleibende Zeit.

Neben Unterschieden in den beiden Levels, sind auch mehrere Gemeinsamkeiten im Auftreten markant. In beiden Settings nutzt die Lehrerin Einschübe im LSG, um bestimmte Grundlagen zu thematisieren und deren Verständnis zu erreichen. Des Weiteren sind Beschleunigungen in bestimmten Phasen des Unterrichtsprozesses Level-unabhängig. Diese direkten Beschleunigungen sind sowohl in Level 1 als auch in Level 2 wiederzufinden. Eine weitere Gemeinsamkeit stellt eine Zusammenfassung des Gesagten am Ende einer Phase dar. Die Lehrerin nutzt dazu die getätigten Aussagen und bringt sie zusammenfassend in geordnete Form. Ganter (2013) verwies in diesem Zusammenhang bereits, dass es für den Lernertrag wichtig sei, beobachtete Phänomene am Experiment theoriegeleitet einzuordnen. Auf diese Weise versucht die Lehrerin den Schülerinnen und Schülern den Sachverhalt vollständig darzustellen und eine Sicherung der Ergebnisse anzustreben.

Nachdem die Forschungsfragen erläutert und beantwortet wurden, erfolgt im anschließenden Kapitel eine Darstellung, welche Bedeutung die entstandenen Ergebnisse haben und welche Rolle sie in der fachdidaktischen Forschung spielen können.

7.3. Interpretation, Diskussion und Implikation der Ergebnisse

In diesem Kapitel werde ich die erhaltenen Ergebnisse interpretieren und diskutieren. Des Weiteren erfolgt die Darstellung der Implikationen für die fachdidaktische Forschung und welche Bedeutung die Ergebnisse für den Schulunterricht haben könnten.

Anhand der erzielten Ergebnisse lässt sich ableiten, dass beide Gesprächspartner des LSG's, sprich die Lehrerin auf der einen und die Schülerinnen und Schüler auf der anderen Seite, Einfluss auf die Verhandlungen am Gespräch nehmen. Dieser Einfluss ist in unterschiedlichen Phasen des Unterrichtsgeschehens verschieden groß. In Phasen, bei denen vor allem naturwissenschaftliche Inhalte verhandelt werden, leitet die Lehrerin zum größten Teil den Prozess. Die Lehrerin bestimmt dabei die Geschwindigkeit des Fortschritts und führt die Schülerinnen und Schüler durch gezielte Fragen auf vorstrukturierte Erkenntnisse hin. Diese Erkenntnisse können im Bereich der Beobachtung liegen und sich auf wissenschaftliche Sachverhalte beziehen. In diesen Phasen tendieren die Schülerinnen und Schüler dazu vor allem Antworten zu geben, die sich auf Beobachtbares beziehen. Erst durch die gezielte Fragestellung gelingt es der Lehrerin die Beobachtungsebene zu verlassen und auf abstraktere Prozesse und Konzepte einzugehen. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler bestehen meist aus unvollständigen Sätzen, sodass eine abschließende Formulierung der Lehrerin hilfreich ist.

Die Art der Fragestellung ist in diesem Zusammenhang überaus wichtig. Es gilt die Fragen so zu formulieren, dass die Schülerinnen und Schüler selbst die Möglichkeit erhalten eigene Gedanken zu den Fragen darzustellen. Eine reine geschlossene Frage könnte den Schülerinnen und Schülern einen bestimmten Weg vorgeben, und deren eigene

Vorstellung zu Inhalten verborgen bleiben. Darüber hinaus ist es bedeutend, dass die Frage auf die Vorstellungswelt der Schülerinnen und Schüler bezogen ist und diese aufgreifen kann, um sie zu thematisieren. Können Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Vorstellungen darstellen und formulieren, ist es eine Möglichkeit an ihrer Gedankenwelt teilhaben zu können, um ihren Denkprozessen folgen zu können. In den Ergebnissen ist erkenntlich, dass es zu Einschüben kommt, wenn bestimmte Vorstellungen unpassend erscheinen. Diese sollen Klarheit über ein Thema schaffen, um in weiterer Folge den Lernprozess und das Verständnis zu fördern. Bei der Analyse waren auch Phasen ersichtlich, wo kein Einschub stattfand. Daraus resultierte meist eine Folge von demotivierendem Raten von Begriffen, die zu wenig Erfolg führten. Insofern lässt sich daraus ableiten, dass Einschübe zur Besprechung von Grundbegriffen oder Grundwissen eine hilfreiche Methode darstellen, um anschließend passende Äußerungen der Schülerinnen und Schüler zu bezwecken. Daher weise ich in diesem Zusammenhang deutlich auf das Verwenden von erklärenden Einschüben im Unterricht hin, um Schülerinnen und Schülern langfristig die Bearbeitung von Sachverhalten zu erleichtern und eine Verinnerlichung von unpassenden Vorstellungen zu vermeiden.

In offeneren Experimentierphasen nehmen die Schülerinnen und Schüler mehr Einfluss auf den Prozess und können bestimmte Abschnitte eigenständig steuern. In diesen Phasen kann der Einflussbereich der Lehrerin gänzlich verloren gehen, sodass lediglich die Schülerinnen und Schüler in ihren Gruppen den Fortschritt bestimmen. Die Strukturierung des Unterrichtsgeschehens ist in diesen Phasen klar den Schülerinnen und Schülern zuzuschreiben. Aktives Handeln motiviert die Schülerinnen und Schüler und bezweckt eine intensive Beschäftigung mit der Thematik. Die Schülerinnen und Schüler streben danach Handlungen auszuführen. Die Intention der Handlung muss nicht zwingend aus naturwissenschaftlicher Begründung erfolgen, sondern kann auch wegen des Handelns selbst stattfinden. In diesem Zusammenhang sehe ich einerseits ein großes Potential für den Schulunterricht, da die Schülerinnen und Schüler beim selbstständigen Überlegen eines Forschungsdesigns und dem anschließenden eigenständigen Ausüben von Handlungen naturwissenschaftliches Arbeiten aus erster Hand erleben. Sie lernen Untersuchungen durchzuführen und sollen ihr Handeln hinterfragen. Diesen Anspruch verfolgt auch das NRC (1996, 2000). Andererseits muss bei der Planung des Unterrichts

bedacht werden, dass beispielsweise ein zu hohes Level an Forschendem Lernen Schülerinnen und Schüler überfordern kann, wenn Schülerinnen und Schüler im Umgang mit dem Finden von Fragestellungen, dem Erstellen von Untersuchungsdesign und der Ergebnisinterpretation nicht vertraut sind.

Zusammenfassend können verschiedene Schwerpunkte den einzelnen Levels des Forschenden Lernens beziehungsweise bestimmten Phasen zugeordnet werden. Bei Level 1 oder verallgemeinert bei inhaltlichen Verhandlungsphasen steht der Aufbau von naturwissenschaftlichen Wissensinhalten im Vordergrund. Den Fokus bei aktiven Experimentierphasen oder in Phasen, wo Schülerinnen und Schüler selbstständig und aktiv eine geplante Untersuchung durchführen, bildet das Ausüben von Handlungen, wie es vor allem bei Level 2 der Fall war. Das aktive Handeln stellt eine große Macht dar und dominiert den Diskurs.

Ein wichtiger Grund für das Auftreten dieser Ergebnisse ergibt sich durch die Erscheinungsform der ausgewählten Unterrichtssettings. Zum einen stellt Forschendes Lernen Level 1 den Anspruch auf das Interpretieren der Ergebnisse, das Untersuchungsdesign ist vorgegeben. Zum anderen müssen die Schülerinnen und Schüler bei Level 2 das Forschungsdesign selbstständig erarbeiten (vgl. u.a. Blanchard et al., 2010).

In Anbetracht der Ergebnisse ist zu erkennen, dass das eigenständige Überlegen der Untersuchung eine intensive Beschäftigung mit dem Thema erzeugt. Verbunden mit der Möglichkeit mehr Einfluss auf das Experiment zu nehmen, als es beispielsweise bei der Elektrolyseeinheit der Fall war, erzeugte die Einflussnahme eine große Motivation für die Schülerinnen und Schüler. Die Motivation wird von erfolgreichen Ergebnissen verstärkt. Es ist zu vermuten, dass die Motivation und Freude, verbunden mit dem eigenständigen Arbeiten, den Lernertrag verstärken könnte.

Die Vorteile des Forschenden Lernens sind bei den analysierten Unterrichtseinheiten erkenntlich gewesen. Insofern ist ein schülerinnen- und schülerorientierter Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern empfehlenswert, um Schülerinnen und Schüler tiefer in die Welt der Naturwissenschaften eintauchen zu lassen. Vor allem beim Einsatz von Forschenden Lernen Level 2, durch die selbstständige Überlegung zu einem

Untersuchungsdesign, sehe ich verstärktes Potential, Schülerinnen und Schülern Naturwissenschaften mit zugehörigen Arbeitsweisen näher zu bringen. Vorausgesetzt natürlich, dass das eingesetzte Level des Forschenden Lernens zu keiner Über- oder Unterforderung der Schülerinnen und Schüler führt, passend gewählt ist und das Vorgehen explizit reflektiert wird.

Abschließend lassen sich als wichtige Implikationen für den Unterricht erkennen, dass eigenständige Arbeit und aktive Beschäftigung zu einem naturwissenschaftlichen Thema Motivation und Begeisterung bei den Schülerinnen und Schülern bewirkt. Bei aktiven Handlungsphasen wird der Prozess durch die Schülerinnen und Schüler vorangetrieben. Die Lehrerin übergibt dabei die Verantwortung der Unterrichtsleitung und achtet vermehrt auf die zeitgerechte Durchführung. Insofern verschieben sich die Aufgaben der Lehrkraft von Vorzeigen in Richtung zielorientierter Unterstützung.

Zur weiteren fachdidaktischen Forschung bietet die Kombination von Unterrichtsanalyse und GTM ein großes Potential, um versteckte Prozesse im Unterricht zwischen den Schülerinnen und Schülern und der Lehrkraft erkenntlich zu machen. Die Analyse kann sich dabei auf viele verschiedene Aspekte der Interaktion der Lehrerinnen und Lehrer mit ihren Schülerinnen und Schülern beziehen und diese aufdecken. Bei einer ausreichend großen Datenmenge können viele interessante Erkenntnisse ans Licht gebracht werden, die sich als wichtiges Moment der fachdidaktischen Forschung herausstellen könnten. In Zusammenhang mit dem für diese Diplomarbeit analysiertem Videomaterial könnte beispielsweise eine weitere Forschung in Richtung der Interaktion innerhalb der Schülerinnen- und Schülergruppen erfolgen.

Im folgenden Abschnitt erfolgt die Reflexion der angewendeten Methoden für das Durchführen der Diplomarbeit. Dabei gehe ich auf Erkenntnisse und Schwierigkeiten ein, die während des Arbeitsprozess entstanden sind und deren Reflexion hilfreich für weitere Forschungsarbeiten sein könnten.

8. Methodenreflexion

In diesem Kapitel werde ich meine Erfahrungen mit den analysierten Daten und der Forschungsmethodologie, der Grounded Theory, darstellen.

Die zur Analyse herangezogenen Daten entstammen aus dem Forschungsprojekt von Dr. Simone Abels (Abels, 2015b). Frau Dr. Abels stellte mir Videomaterial von Unterrichtseinheiten aus dem Schuljahr 2013/14 zur Verfügung, wodurch ich selbst keine neuen Daten erheben musste. Hier möchte ich mich auch herzlichst dafür bedanken. Meine Aufgabe war es die aufgezeichneten Videos stellenweise zu transkribieren und den Inhalt darin möglichst realitätsnahe darzustellen. Dazu versuchte ich neben dem gesprochenen Wort auch bemerkenswerte Handlungen, wie Mimik und Gestik, abzubilden. Mein Leitbild war in dieser Phase, alles so darzustellen, dass jeder und jede, auch ohne Kennen des Videos, dem Inhalt so realitätsnah wie möglich folgen kann. Dies bedurfte mehrerer Transkriptionsversuche, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis erzeugt wurde. Die Transkripte bildeten die Basis der Forschung, mögliche Gedankengänge der Schülerinnen und Schüler und der Lehrerin konnten nur interpretiert werden, da es keine zusätzlichen Gespräche mit den Akteurinnen und Akteuren gab. Die erstellten Transkripte wurden anschließend nach den Leitlinien der GTM kodiert und analysiert. Das Schreiben von Memos, ein wichtiger Teil der GTM, half mir meine Gedanken zu sammeln und nach dem sprichwörtlichen roten Faden zu ordnen und einzubetten.

In Bezug zum gewählten Forschungsansatz habe ich erkannt, dass dieser sehr umfangreich und unter Umständen schwierig mit dem Umfang einer Diplomarbeit zu kombinieren ist. Zu dieser Kenntnis komme ich einerseits, da das Erfassen und Analysieren der Daten nur begrenzt stattfinden kann und andererseits eine GTM, vor allem aufgrund des Theoretical Samplings, eine große Menge an Daten benötigt. Diese fehlenden Datensätze, sprich weitere beobachtete Unterrichtseinheiten der verwendeten Klassen mit anderen Settings, Themen und eventuell auch mit anderen Lehrkräften, hätte die Theoriebildung selektiver und präziser ermöglicht. Allerdings spießt sich dieser Ansatz mit der limitierten Menge an bestehenden Daten und vor allem an Zeit, in der eine solche Diplomarbeit finalisiert werden sollte.

Die Anwendung der GTM beinhaltete oft Umwege und Rückschritte, die teilweise bei einem solchen Forschungsansatz erwünscht sind. Allerdings stellte es mich vor eine große Herausforderung, dass es keinen einheitlichen Ansatz der Methodologie gibt und in der verwendeten Literatur oft nicht eindeutig vermerkt ist, welche Variante einer GTM beschrieben ist und wie die einzelnen Schritte an transkribierten Videos angewendet wurden. Nach verstärkter Studie von Varianten der GTM spezialisierte ich mich in weiterer Folge auf jene von Kathy Charmaz (vgl. Charmaz, 2006). Diese erschien mir für mein Forschungsvorhaben am passendsten und bot mehr Freiräume als beispielsweise jene von Anselm Strauss (1987).

Besonders problematisch war für mich der Schritt von der Datenanalyse zur Darstellung der Ergebnisse. Es war insofern schwierig, da zwar in vielen Artikeln zur GTM die Phasen erläutert werden, allerdings der reale Schritt zur Ergebnisdarstellung nur bedingt dargestellt war. An dieser Phase meiner Arbeit verzweifelte ich oftmals und wusste über einen längeren Zeitraum nicht weiter. Erst nach erneuter Studie der Literatur ging es erneut voran. Und wie Glaser (1998, zit. nach Strübing, 2002) bereits postulierte, dass eine GTM einfach getan werden soll, weil es funktioniert. Mit diesem Satz vor Augen konnte ich die Forschungsarbeit fortsetzen und begann meine Ergebnisse und herausgearbeiteten Kategorien zu finalisieren.

Als weitere Schwierigkeit stellte sich das Ende der Arbeit heraus. Aufgrund der Subjektivität einer GTM bei gleichzeitiger wissenschaftlicher Darstellung der Ergebnisse ist das Ende einer Forschung ein für mich verschwommener Begriff, vor allem, wenn unzureichende Ressourcen zum Theoretical Sampling bestehen. Meines Erachtens habe ich das Ende und den Abschluss der Forschung so gewählt, nachdem alle relevanten und bemerkenswerten Handlungen im LSG beschrieben und interpretiert wurden. Daher kann ich auch sagen, dass diese Diplomarbeit den Richtlinien der GTM folgt, wenn auch aufgrund der analysierten Datenmenge keine verallgemeinerbaren Ergebnisse erzielt werden konnten.

Allerdings machten genau diese Freiräume und der subjektive sowie induktive Charakter des Ansatzes den Anreiz aus. In Unterrichtssequenz gehen unzählige Handlungen vor sich, die mit Hilfe einer GTM erfasst werden konnten. Auf diese Weise erhoffte ich mir Aktionen

darstellen zu können, die unter Umständen mit rein deduktiven Forschungsansätzen unbeachtet geblieben wären.

Abschließend möchte ich festhalten, dass eine Forschung mittels GTM ein sehr anspruchsvolles Vorhaben darstellt, bei dem allerdings viel Subjektivität und fachdidaktisches Wissen Einfluss nehmen können und so vorhergesehene und auch unerwartete Erkenntnisse ans Licht gebracht werden können.

Das Ende dieser Diplomarbeit bildet das folgende Kapitel, in dem ein abschließendes Fazit und darüber hinaus ein Ausblick zum Thema dieser Arbeit dargestellt sind.

9. Fazit und Ausblick

Die Erhebung der PISA-Studie (2006), verbunden mit einem Bericht der Europäischen Kommission (Rocard et al., 2007,) bildeten den Ausgangspunkt dieser Diplomarbeit. Die Ergebnisse von Large-Scale-Studien zeigen, dass das Interesse an naturwissenschaftlichen Fächern immer weiter schwindet, trotz gezielter Maßnahmen, die dem entgegen wirken sollten. Der naturwissenschaftliche Unterricht in vielen Schulen Europas ist nach deduktiven Mustern orientiert, sodass vorwiegend die Lehrperson im Mittelpunkt steht und Schülerinnen und Schülern wenig Zeit und Raum für eigene Untersuchungen gegeben wird (Rocard et al., 2007).

Der induktive Unterrichtsansatz ‚Forschendes Lernen‘ wird als authentischer und effektiver Weg für das Verstehen und Erlernen von naturwissenschaftlichen Inhalten von Schülerinnen und Schülern angesehen (AAAS, 1989, 2000; NRC, 1996, 2000). Forschendes Lernen tritt in vier unterschiedlichen Levels auf, wobei der Selbstständigkeitsgrad in den Bereichen Fragefindung, Untersuchungsdesign und Ergebnisinterpretation der Schülerinnen und Schüler bei jeder Stufe variiert (Blanchard et al., 2010). In diesem Zusammenhang ist Level 0 als geschlossen und gänzlich von der Lehrerin geleitet zu beschreiben. Level 3 hingegen ermöglicht eigenständiges Arbeiten der Schülerinnen und Schüler in allen drei erwähnten Bereichen. Beim Forschenden Lernen spielt Experimentieren und das Beobachten von Experimenten eine wichtige Rolle. Im Allgemeinen kann das Experiment als ein wichtiger und zentraler Aspekt naturwissenschaftlichen Unterrichts gesehen werden (Höttecke, 2001) und zum Erkenntnisgewinn von Schülerinnen und Schülern beitragen (Grafendorfer & Neureiter, 2009). Die Interaktion zwischen der Lehrperson und den Schülerinnen und Schülern im Unterricht findet meist in einem so genannten LSG, dem LehrerInnen-SchülerInnen-Gespräch, statt.

In der vorliegenden Diplomarbeit wurde der Frage nachgegangen, welche Ziele und wie die Ziele der Lehrerin und der Schülerinnen und Schüler während des Experimentierens im LSG verhandelt werden. Das Forschungsmaterial bildeten videografierte Unterrichtseinheiten, welche anschließend transkribiert und analysiert wurden. Die aufgezeichneten

Unterrichtsstunden fanden zu unterschiedlichen Themen statt und waren entweder nach dem Forschenden Lernen Level 1 oder Level 2 ausgerichtet. Die Unterscheidung dieser beiden Settings bildet die Eigenständigkeit der Schülerinnen und Schüler in Bezug zur Gestaltung des Untersuchungsdesigns ab. Bei Level 1 gibt die Lehrperson die Untersuchungsmethode vor. Im Gegensatz dazu erhalten die Schülerinnen und Schüler bei Level 2 freie Hand zur Überlegung und Durchführung einer geeigneten Forschungsmethode. Die Analyse wurde mittels der GTM nach Kathy Charmaz (2006) vollzogen und an ihren Richtlinien angelehnt.

Bezüglich der Ergebnisse dieser Diplomarbeit kann gesagt werden, dass Schülerinnen und Schüler und die Lehrerin in vielen Phasen des LSG's unterschiedliche Ziele verfolgen. Durch die intensive Beschäftigung mit dem Datenmaterial stellte sich heraus, dass die Lehrerin vorwiegend inhaltliches oder prozessorientiertes Scaffolding anwendet. Dabei versucht sie die Schülerinnen und Schülern metaphorisch mit einem Gerüst zu unterstützen und bei der Erarbeitung naturwissenschaftlicher Sachverhalte zu leiten. In inhaltlichen Verhandlungsphasen, wo keine aktive Teilnahme am Experiment gegeben ist, sondern vor allem Beobachtung von Phänomenen verlangt wird, leitet die Lehrerin gezielt durch die Unterrichtseinheit. Die Lehrerin bestimmt den Fortschritt der Stunde und passt die Geschwindigkeit an. Dazu nutzt sie passende Einschübe oder gezielte Fragen, die auf den Forschungsschwerpunkt hinleiten. Die Struktur erscheint in solchen Abschnitten klar vorgegeben, die Lehrerin führt durch Fragen im LSG und fasst an geeigneten Stellen den Inhalt zusammen. Diese Phasen sind vor allem beim Forschenden Lernen Level 1 wiederzufinden.

Im Gegensatz dazu ist erkennbar, dass aktive Experimentierphasen anders strukturiert sind. Die Lehrerin versucht weiterhin durch prozessorientiertes Scaffolding die Schülerinnen und Schüler zu leiten, nimmt aber vor allem eine ergänzende Funktion ein. Aufgrund der Eigenständigkeit der Schülerinnen und Schüler bei der Gestaltung des Untersuchungsdesigns nehmen Schülerinnen und Schüler verstärkten Einfluss auf die Struktur dieser Phasen. Die Lehrerin verhilft größtenteils mit Hinweisen zur Handhabung und Funktion von Geräten. Des Weiteren achtet die Lehrerin verstärkt auf die zeitliche Komponente und weist die Schülerinnen und Schülern gezielt auf die verbleibende Zeit hin,

um ein zeitgerechtes Ergebnis zu garantieren. Neben den Bezügen zur limitierten Zeit spielen auch Sicherheitsbemerkungen eine wichtige Rolle, da die Schülerinnen und Schüler selbstständig ihre Ideen zum Experiment verfolgen können. Aktive Phasen zur Durchführung von schülerinnen- und schülerngestalteten Experimenten finden sich beim Forschenden Lernen Level 2.

Die Ziele der Schülerinnen und Schüler sind an die unterschiedlichen Settings angepasst. In inhaltlichen Verhandlungsphasen, in welchen die Lehrerin die Struktur bestimmt, reagieren die Schülerinnen und Schülern vorwiegend auf die gestellten Fragen. Die Antworten der Schülerinnen und Schülern sind oft kurz und bestehen aus unvollständigen Sätzen, wodurch eine Zusammenfassung der Lehrerin zum Verständnis passend erscheint. Die Ziele der Schülerinnen und Schüler beziehen sich größtenteils auf das zufriedenstellen der Lehrerin durch stimmige Antworten. Nur äußerst selten gehen Aktionen von den Schülerinnen und Schülern aus. Die Schülerinnen und Schülern haben in diesen Phasen kaum Möglichkeiten der Gestaltung oder Führung der Unterrichtseinheit.

Einen starken Kontrast bieten aktive Experimentierphasen, wo Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Vorstellungen und Ideen verfolgen können. Wie bereits erwähnt, nimmt die Lehrerin dabei weniger führenden Einfluss auf den Unterrichtsprozess. Die Schülerinnen und Schüler leiten den Fortschritt der Stunde und streben ein experimentelles Ergebnis an. Die Intention der Schülerinnen und Schüler besteht vor allem aus der Macht des Handelns. Schülerinnen und Schüler wollen am Experiment aktiv teilnehmen und nutzen jede Gelegenheit, um sich beim Experimentieren einzubringen. Dabei muss der wissenschaftliche Hintergrund einer Handlung nicht die treibende Kraft darstellen. In vielen Phasen wird um des Handelns willen gehandelt. Diese Macht der Durchführung hat für die Schülerinnen und Schüler ein großes Motivationspotential in sich und zeigt den Forschungsdrang der Schülerinnen und Schüler beim Experiment. Die Schülerinnen und Schüler können in diesen Unterrichtsabschnitten verschiedene Ziele verfolgen. Neben dem aktiven Handeln, steht auch das Vermitteln zwischen der Lehrerin und anderen Schülerinnen und Schülern im Fokus. In manchen Phasen geht die Macht des Experimentierens so weit, dass die Leitung vollständig von den Schülerinnen und Schülern übernommen wird und sich gegen die Gestaltungsvorstellung der Experimentdurchführung

der Lehrerin durchsetzt. In entsprechenden Phasen vermute ich ein großes Potential für die langfristige Ertragssicherung naturwissenschaftlicher Inhalte für Schülerinnen und Schüler, die in einem passenden Forschungssetting analysiert werden könnten.

In Summe ist in diesem Bereich noch sehr viel Forschungspotential enthalten, die aufgrund der Ressourcen einer Diplomarbeit nicht verfolgt werden konnten. Das untersuchte Thema könnte beispielsweise vielseitig ausgebaut werden und mittels des Theoretical Samplings, einem wichtigen Schritt der GTM, um das Datenmaterial gezielt zu vergrößern, angewendet werden. Dadurch könnten die Ergebnisse spezifischer erläutert und dargestellt werden.

Abschließend möchte ich meine Diplomarbeit mit folgenden Worten beenden und allen Lehrerinnen und Lehrern eine meiner Erkenntnisse für den Unterricht explizit mitteilen:

Forschendes Lernen bietet den Schülerinnen und Schülern im Unterricht eine passende und hilfreiche Abwechslung zum sonst eher deduktiv ausgerichteten Unterricht. Aufgrund der vielseitigen und adaptiven Möglichkeiten dieses Unterrichtsansatzes lässt sich Forschendes Lernen in vielen Bereichen zu unzähligen Themen im naturwissenschaftlichen Unterricht passend einsetzen. Die intensive Beschäftigung der Schülerinnen und Schüler mit naturwissenschaftlichen Inhalten stellt ein besonders großes Motivationspotential dar, vorausgesetzt das angestrebte Setting überfordert die Schülerinnen und Schüler im Unterricht nicht. Bei meiner Forschung zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler besonders motiviert und erfreut waren, als sie selbstständig Untersuchungen machen und Veränderungen beziehungsweise Anpassungen am Experiment aktiv durchführen konnten. Diese Freude könnte mit einer passenden Ertragssicherung gekoppelt einen langwirkenden Lernerfolg bezwecken. In diesem Sinne soll Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben werden selbstständig Experimente planen und durchführen zu können, um anschließend die erhaltenen Ergebnisse zu diskutieren und zu interpretieren. Der Ansatz des Forschenden Lernens in einer zielführenden Anwendung im naturwissenschaftlichen Unterricht bietet eine passende Möglichkeit für Schülerinnen und Schüler Naturwissenschaften aktiv und induktiv kennenzulernen.

Literaturverzeichnis

- Abels, S. (2012). Including Students with Special Needs in Inquiry-based Science Education – What Can We Learn from Special Needs Education? In S. Markic, D. di Fuccia, I. Eilks & B. Ralle (Eds.), *Issues of Heterogeneity and Cultural Diversity in Science Education and Science Education Research. A Collection of invited papers inspired by the 21st symposium on chemical and science education* (pp. 163-174). Aachen: Shaker.
- Abels, S. (2015a). Implementing Inquiry-based Science Education to Foster Emotional Engagement of Special Needs Students. In M. Kahveci & M. Orgill (Eds.), *Affective Dimensions in Chemistry Education*. (pp. 107-131). Heidelberg: Springer.
- Abels, S. (2015b). Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht in der Lernwerkstatt Donaustadt. Inklusion in Schule und Unterricht. In Siedenbiedel, C. & Theurer C. (Hrsg.), *Grundlagen inklusiver Bildung. Teil 1. Inklusive Unterrichtspraxis und –entwicklung* (Vol. 28, S. 125-134). Immenhausen bei Kassel: Prolog.
- Abels, S. (2015c). Scaffolding Inquiry-based Science and Chemistry Education in Inclusive Classrooms. In Yates, N. L. (Ed.), *New Developments in Science Education Research*. (pp. 77-96). New York: Nova.
- Abels, S., Lautner, G. & Lembens, A. (2014a). Mit „Mysteries“ zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht. *Chemie & Schule*, 3/2014, 20-21.
- Abels, S. & Markic, S. (2013). Umgang mit Vielfalt – neue Perspektiven im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 24(135), 2-6.
- Abels, S., Puddu, S. & Lembens, A. (2014b). Warum flockt die Milch? Mit „Mysteries“ zu differenziertem Forschendem Lernen im Chemie Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 142, 37-41.

- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2008). Introduction. Inquiry in the classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the classroom. Realities and Opportunities* (pp. xi-xlii). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.
- American Association for Advancement of Science (1989). *Science for all Americans*. Washington, DC.
- American Association for the Advancement of Science. (2000). *Designs for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anton, M. A. (2008). *Kompendium Chemiedidaktik*. Bad Heilbrunn. Klinkhardt
- Barzel, B., Schrenk, M. & Reinhoffer, B. (2012). Das Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, A. Schulz, B. Barzel, & N. Robin (Hrsg.), *Experimentieren mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht – Theoretische Fundierung und empirische Befunde*. (S. 103-127). Münster: Waxmann.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Blumenfeld, P., Kempler, T. & Krajcik, J. (2005). Motivation and Cognitive Engagement in Learning Environments. In R. Keith Sawyer (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. (pp. 475-488). Cambridge: Cambridge University Press.
- Böhm, A. (1994). Grounded Theory – wie aus Texten Modelle und Theorien gemacht werden. In Böhm, A., Mengel, A., Muhr, T. & Gesellschaft für Angewandte Informationswissenschaften (GAIK) e.V. (Hrsg.), *Texte verstehen: Konzepte, Methoden, Werkzeuge* (S. 121-140). Konstanz: UVK Univ.-Verl. Konstanz.

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.). (2012): *Lehrplan der neuen Mittelschule*. Online unter:
https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs6_780.pdf?4dzgm2
 [04.05.2015].
- Bybee, R. W. (2004). Scientific Inquiry & Science Teaching. In Flick, L. & Lederman, N.G. (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Series: Science & Technology Education Library. (pp. 1-14). Dordrecht: Springer.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative analysis*. London: Sage.
- Charmaz, K. (2011). Den Standpunkt verändern: Methoden der konstruktivistischen Grounded Theory. In Mey, G. & Mruck, K. (Hrsg.), *Grounded Theory Reader* (S. 181-205). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Charmaz, K. (2012). The Power and Potential of Grounded Theory. *Medical Sociology online*, 6(3), 2-15, online unter:
http://www.medicalsociologyonline.org/resources/Vol6Iss3/MSo-600x_The-Power-and-Potential-Grounded-Theory_Charmaz.pdf [17.5.2015].
- Chin, C. (2007). Teacher Questioning in Science Classrooms: Approaches that Stimulate Productive Thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 815-843.
- Colburn, A. (2000a). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), 42-44.
- Colburn, A. (2000b). *What teacher educators need to know about inquiry-based instruction*. Paper presented at the annual meeting of the Association for the Education of Teachers in Science, Akron, OH.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 613- 642.

- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-228.
- Eilks, I., Fischer, H.E., Hammann, M., Neuhaus, B., Petri, J., Ralle, B., Sandmann, A., Schön, L.H., Sumfleth, E., Vogt, H. & Bayrhuber, H. (2004). Forschungsergebnisse zur Neugestaltung des Unterrichts in den Naturwissenschaften. In Bayrhuber, H. (Hrsg.), *Konsequenzen aus PISA – Perspektiven der Fachdidaktiken* (S. 197-215). Innsbruck: Studienverlag.
- Furtak, E. M. (2008). *The Dilemma of Guidance. An Exploration of Scientific Inquiry Teaching*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- Ganter, S. (2013). *Experimentieren – ein Weg zum Funktionalen Denken. Empirische Untersuchung zur Wirkung von Schülerexperimenten*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač GmbH.
- Gess-Newsome, J., Southerland, S. A., Johnston, A. & Woodbury, S. (2003). Educational reform, personal practical theories, and dissatisfaction: The anatomy of change in college science teaching. *American Educational Research Journal*, 40(3), 731-767.
- Glaser, B. (1978). *Theoretical sensitivity: Advances in the methodology of grounded theory*. Mill Valley, CA: Sociology Press.
- Glaser, B. & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. New York: Aldine de Gruyter.
- Glaser, B. & Strauss, A. (2005). *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung*. Bern: Hans Huber Verlag.
- Grafendorfer, A. & Neureiter, H. (2009). Unterricht in Naturwissenschaften. In Schreiner, C. & Schwantner, U. (Hrsg.), *PISA 2006: Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt*. Graz: Leykam. Online: <https://www.bifie.at/buch/815/9/1> [5.5.2015].

- Hall, R. (2000). Videorecording as Theory. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 647-664). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(07), 791-806.
- Hogan, K., Nastasi, B. & Pressley, M. (1999). Discourse Patterns and Collaborative Scientific Reasoning in Peer and Teacher-Guided Discussions. *Cognition and Instruction*, 17(4), 379-432.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7(1), 7-23.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Kirschner, P. A.; Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experimental, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661 – 667.

- Knoblauch H., Schnettler B. & Tuma R. (2013). *Videographie. Einführung in die interpretative Videoanalyse sozialer Situationen*. Wiesbaden: Springer VS.
- Koliander, B. (2014). Schlüsselkompetenzen im naturwissenschaftlichen Labor definieren. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013* (S. 222-224). Kiel: IPN.
- Koliander, B. & Puddu, S. (2011). Inquiry Learning – Was ist Forschendes Lernen? *IMST-Newsletter*, 10/36, 3.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P., Marx, R., Bass, K., Fredericks, J. & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *The Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 313-350.
- Kuckartz, U., Dresing, Th., Rädiker, S. & Stefer, C. (2007). *Qualitative Evaluation – Der Einstieg in die Praxis*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Lembens, A., Weiglhofer, H. & Stadler, H. (2013). *PISA 2006 Naturwissenschaft: Das Konzept aus fachdidaktischer Sicht*. Online: <https://www.bifie.at/buch/815/3/2> [04.05.2015].
- Lemke, J. (1990). *Talking Science. Language, Learning, and Values*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Loughran, J. (1994). Bridging the gap: an analysis of the needs of second-year science teachers. *Science Education*, 78, 365-386.
- Metzger, M. (2008). Forschendes Lernen auf der Grundlage der Grounded Theory. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* 3(4), S. 47-57.
- Mey, G. & Mruck, K. (2007). Grounded Theory Methodologie – Bemerkungen zu einem prominenten Forschungsstil. *Historical Social Research, Supplement*, 19, 11-39.

- Meyer, H. (2005). *Unterrichts-Methoden. II: Praxisband*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co. KG.
- Minnerop-Haeler, E. (2013). Die Lernwerkstatt Donaustadt. Ein Beispiel für gelebte Inklusion. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 24(135), 36-39.
- Mortimer, E. & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary Science Classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Muckel, P. (2007). Die Entwicklung von Kategorien mit der Methode der Grounded Theory. *Historical Social Research, Supplement*, 19, 211-231.
- NRC/ National Research Council. (1996). *National science education standards*. Online unter: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962&page=20 [05.07.2014].
- NRC/ National Research Council (2000): *Inquiry and the National Science Education Standards*. Online unter: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9596 [4.5.2015].
- Ødegaard, M. & Klette, K. (2012). Teaching Activities and Language Use in Science Classrooms. Categories and Levels of Analysis as Tools for Interpretation. In Jorde, D. & Dillion, J. (Eds.), *Science Education and Practice in Europe: Retrospective and Prospective* (pp. 181-202). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.
- OECD (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies – Policy Report*. Global Science Forum.
- OECD (2007). *PISA 2006: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Oliveira, A. W. (2010). Improving Teacher Questioning in Science Inquiry Discussions Through Professional Development. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 422-453.

- Petko D., Waldis M., Pauli C. & Reusser K. (2003). Methodologische Überlegungen zur videogestützten Forschung in der Mathematikdidaktik. Ansätze der TIMSS 1999 Video Studie und ihrer schweizerischen Erweiterung. *ZDM. Zeitschrift für die Didaktik der Mathematik*, 35/6, 265-280.
- PH Ludwigsburg (Hrsg.). *Transkriptionsregeln*. Online unter: <http://www.ph-ludwigsburg.de/uploads/media/transkriptionsregeln.pdf> [15.4.2015].
- Puddu, S. & Koliander, B. (2013). Diversität beim Forschenden Lernen. Berücksichtigung von Migration und Alter im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 24(135), 26-30.
- Riegel U. (2013). Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken. Einleitung. In Riegel U. & Macha K. (Hrsg.), *Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken* (S. 9-24). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung jetzt: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. Online: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_de.pdf [05.07.2014].
- Roehring, G. & Luft, J. (2004). Research Report. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24.
- Sander, W. (2008). Von der Einzelstunde zu längerfristigen Unterrichtsanalysen – Unterrichtsforschung nach der Grounded Theory. In GPJE (Hrsg.), *Diversity Studies und politische Bildung* (S.113-123). Schwalbach: Wochenschau Verlag.
- Schreiner, C. & Schwantner, U. (Hrsg.) (2009): *PISA 2006. Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt*. Graz: Leykam. Online: <https://www.bifie.at/buch/815>, [4.5.2015]

- Schwab, J. (1962). The teaching of science as inquiry. In Schwab J. & Brandwein P. (Eds.), *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2010). *The ROSE project. An overview and key findings*. Online: <http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf> [24.10.2015]
- Smith, M. U. & Siegel, H (2004), Knowing, Believing, and Understanding: What Goals for Science Education? *Science & Education*, 13, 553-582.
- Solomon, J. (1980). *Teaching Children in the Laboratory*. London: Taylor and Francis.
- Statistik Austria (2015): Belegte Studien ordentlicher Studierender an öffentlichen Universitäten 1971 - 2014, Online: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bildung_und_kultur/formales_bildungswesen/universitaeten_studium/index.html [16.01.2016]
- Strauss, A. (1987). *Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. München: Fink.
- Strauss, A. & Corbin, J. (1996). *Grounded Theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Beltz/PVU.
- Strübing, J. (2002). Just do it? Zum Konzept der Herstellung und Sicherung von Qualität in grounded theory-basierten Forschungsarbeiten. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 54(2), 318-342, online unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-415187> [17.5.2015].
- Strübing, J. (2014). *Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung eines pragmatischen Forschungsstils*. Wiesbaden: Springer.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Berlin: Logos Verlag.

- Thornberg, R. & Charmaz, K. (2012). Grounded Theory. In Lapan, S.; Quartaroli, M. & Riemer, F (Eds.). *Qualitative Research. An Introduction to Methods and Designs* (pp. 41-68). San Francisco: John Wiley & Sons.
- van der Valk, T. & de Jong, O. (2009). Scaffolding Science Teachers in Open-inquiry Teaching. *International Journal of Science Education*, 31(6), 829-850.
- von der Groeben, A. (2009). Wie viel Führung braucht das Unterrichtsgespräch? *Pädagogik*, 61(1), 6-10.
- van Zee, M. & Minstrell, J. (1997). Using Questioning to Guide Student Thinking. *Journal of the Learning Sciences*, 6(2), 227-269.
- Weiglhofer, H., Stadler, H. & Lembens, A. (2009). Unterricht in Naturwissenschaft: Österreichische Ergebnisse aus fachdidaktischer Sicht. In Schreiner, C. & Schwantner, U. (Hrsg.), *PISA 2006: Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt*. Graz: Leykam. Online: <https://www.bifie.at/buch/815/9/2> [5.5.2015].
- Welzel, M. (2005). Physik Lehren lernen – Zur Nutzung von Videoaufzeichnungen in einem fachdidaktischen Methodenseminar. In Welzel, M. & Stadler, H. (Hrsg.). „Nimm doch mal die Kamera!“, *Zur Nutzung von Videos in der Lehrerbildung – Beispiele und Empfehlungen aus den Naturwissenschaften* (S. 29-44). Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Werning, R. & Lütje-Klose, B. (2007). Entdeckendes Lernen. In U. Heimlich & F. Wember (Hrsg.), *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen. Ein Handbuch für Studium und Praxis* (S. 149-162). Stuttgart: Kohlhammer.
- Wild, K.-P. (2003). Videoanalysen als neue Impulsgeber für eine praxisnahe prozessorientierte empirische Unterrichtsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 31(2), 98-102.

Wildt, J. (2009). Forschendes Lernen: Lernen im „Format“ der Forschung. *Journal Hochschuldidaktik*, 20(2), 4-7.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ein idealisierter Forschungszyklus (gezeichnet von Reinhart Sellner) (Abels et al., 2014a, S. 20)	22
Abbildung 2: Eine der drei Elektrolysegruppen beobachtet das Experiment (Canon_HD_00010.mts_15:27)	64
Abbildung 3: Apparaturaufbau der Schülergruppe (Panasonic_00001.mts_17:41)	69
Abbildung 4: Die Schüler schöpfen die Sägespäne mit einem Bierdeckel aus dem Holz-Sand-Salz-Wasser-Gemisch (MOV001.mod_32:22)	72
Abbildung 5: Darstellung des Kategoriensystems	104
Abbildung 6: Apparaturaufbau der Schülergruppe (Panasonic_00001.mts_17:41)	119

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Level des Forschenden Lernens (übersetzt nach Blanchard et al., 2010, S. 581).....	24
Tabelle 2: Aufnahmeparameter zur Unterrichtseinheit zu Elektrolyse von Wasser.....	79
Tabelle 3: Aufnahmeparameter zur Unterrichtseinheit zu Destillation eines Wasser-Alkohol- Gemischs	80
Tabelle 4: Aufnahmeparameter zur Unterrichtseinheit zu Stofftrennung eines Gemischs aus Sand, Salz und Sägespänen	80
Tabelle 5: Teilziele der Experimentierphase der Elektrolyseeinheit.....	107

Anhang

A1: Transkripte

A1.1: Transkript zur Elektrolyseeinheit

- 1 **E1_4a_Lv1_CanonHD_00010_11:32_14:22**
2 [Das Elektrolyse Experiment wurde gestartet, erste Gasbildung setzt ein]
3 **L: Also bei euch rennts schon?**
4 Sw5: Ja
5 **L: Was tut sich?**
6 Sw5: Das Wasser bewegt sich
7 **L: Was heißt das Wasser bewegt sich na klor ich schütt ich wackl da**
8 Sw6: Es raucht
9 **L: Es raucht?**
10 Sw6: Ja nicht so oder was anderes
11 **L: Was tut sich?** [L schaut auf das Experiment]
12 Sw5: Das Salz löst sich auf nein
13 **L: Das ist kein Salz**
14 Sw6: Luftbläschen
15 **L: Luftbläschen genau wo entstehen die?** [...]
16 Sw4: Es verwandelt sich in Gas
17 Sw5: Drinnen
18 **L: Wo drinnen?**
19 Sw5: In der Spritze
20 **L: In der Spritze genau**
21 Sw4: Verwandelt es sich zu Gas? (-) wird es zu Gas?
22 **L: Was könnten die Bläschen sein?**
23 Sw5: Es kocht
24 **L: Was heißt kochen?**
25 Sw4: Dass es ähm das Wasser ähm fängt an zu kochen und
26 **L: Was also kochen tun ma in der Küche. Wie heißt der Ausdruck wenn ma in Physik oder Chemie davon reden?**
27 Sw4: Blubbern?
28 **L: Na blubbern tuts a in der Küche**
29 Sw4: Es wird heiß es es wandelt sich in Gas
30 **L: Wie heißt das wenn es. In der Küchen sag ma es kocht. Wie heißt das in der Physik?**
31 Sm1 [kommt aus der Nebengruppe]: Über den Siedepunkt bringen
32 **L: Es siedet okay wann ab wann siedet Wasser?**
33 Sw4: Bei hundert Grad
34 **L: Okay** [L nimmt Finger von Sw6 und führt den Finger zum Experiment] **sei so mutig und greif mal min Finger in das Wasser**
35 Sw5: Ich hab das schon gemacht
36 **L: Da greif hinein.** [Zeigt in Richtung Wasser] **Da greif hinein** [L ermutigt Sw6]
37 Sw4: Es passiert nichts [Sw5 zeigt es vor und greift in das Wasser, danach greift Sw6 in das Wasser]
38 [...] Sw5: Das stimmt da ist nichts
39 Sw4: Ja es passiert nicht
40 **L: Kann das hundert Grad haben das Wasser?**

41 Sw6: Nein [schüttelt den Kopf]
 42 **L: Also kochen kanns nicht ja aber du hast gesagt es entsteht was?**
 43 Sw4: Gase
 44 **L: Gase okay also kein Wasserdampf [...]**
 45 Sw4: Es passiert nur was wenn (???)
 46 Sw5: Sw4 denkt halt weiter [lacht]
 47 **L: aber man siehts oder?**
 Sw4: Ja man sieht das an der Spritze da gehts so [zeigt mit den Händen wie die Bläschen an der
 48 Spritze entstehen]
L: Ganz kleine Gasbläschen steigen dort auf okay gut vielleicht fällt euch noch was auf? (--) ists
 49 **überall gleich?**
 50 Sw5: Nein wo die Nadel andockt
 51 Sw4: Nein wo die Nadel ist da sind die meisten Bläschen
 52 **L: Also um die Nadel herum?**
 53 Sw4: Ja
 54 **L: okay**
 55 Sw4: Das ist weil sie mit dem Ding verbunden ist
 56 **L: Okay**
 57 Sw5: ist das Salz?
L: Nein das ist kein Salz ist es ist es ähm bei beiden gleich? [Sw4 beugt sich über das Experiment]
 58 **(-) All diese Fragen müsstest du dann beantworten okay?** [L verlässt Gruppe]
 59 [...]
 60 **E2.1_4a_Lv1_CanonHD_00010_20:52_22:08**
 61 [L kommt zur Gruppe und schaut auf das Experiment]
 62 **L: Da tut sich noch was oder?**
 63 Sw5: Ja da tut sich noch was (leise)
 64 **L: Ja oder nein?**
 65 Sw4: (???) (- -)
L: So aufgeschrieben? (-) Gut Das heißt ihr habts gesagt das sind Gasbläschen oder? Was ist das
 66 **für ein Gas?**
 67 Sw5: Wasserstoff? Nein wie heißt dieses Gas?
 68 Sw6: Dieses s:o:da
 69 **L: Was?**
 70 Sw5: Soda glaubst du?
 71 Sw6: Soda ist das
 72 **L: Was könnte das für ein Gas sein? (-)**
 73 Sw5: H Zwei O nein Das ist die Flüssigkeit
 74 **L: Was ich habe nicht verstanden**
 75 Sw5: H Zwei O ist die Flüssigkeit
 76 **L: Was ist H Zwei O?**
 77 Sw4: Wasser
 78 **L: Wasser also die Summenformel fürs Wasser**
 79 Sw4/Sw5: Wasserstoff?
 80 Sw5/Sw4: Wasserstoff glaub ich nicht
 81 **L: Aha**
 82 Sw6: Ich glaub dass da aber eher O H Zwei O Sauerstoff O (???)
 83 **L: Was ist O?**
 84 Sw4: C O Zwei ist Luft.
 85 **L: Na na C O Zwei ist nicht Luft.**
 86 Sw4: Äh C O Zwei ist
 87 **L: Was ist C O Zwei?**
 88 Sw4: Ähm Kohlendioxid

89 **L: Kohlendioxid woher kommt das?**
 Sw4: Das ist weil im Wasser ist ja Luft [direkte Fortsetzung auf
 90 E2.2_4a_Lv1_CanonHD_00011_00:00_00:56]
 91 **E2.2_4a_Lv1_CanonHD_00011_00:00_00:56**
 92 **L: Okay aber woher kommt der Kohlenstoff?**
 93 Sw4: Ähm das ist von der Atmung
 94 **L: Okay aber hast du jetzt so viel hinein geatmet das da Kohlendioxid jetzt im Wasser ist?**
 95 Sw5: Nein es ist im Wasser. Luft im Wasser gebunden
 96 Sw4: Das sieht aus als würden sich Algen bilden
 97 **L: Ja aber wo kommen die her?**
 98 Sw4: Das ist von die Bakterien oder?
 99 Sw5: Algen die mögen aber nur warmes Wasser meistens?
 100 Sw4: Schwierig schwierig
 101 Sw5: Machen wir da jetzt ehrlich eine kleine Algenzucht hinein?
 102 **L: Na mach ma net. Nochmal ist es auf beiden Seiten gleich viel Gas?**
 103 Sw4: Nein auf der blauen ist mehr Gas
 104 **L: Aufgeschrieben?**
 105 Sw4: Mhm
 106 **L: Okay gut so Herrschaften wir werden unseren Versuch jetzt über die Pause laufen lassen**
 107 [...]
 108 **E3_4a_Lv1_Canon_MOV002_19:32_30:55**
 109 (Phänomene werden in der Klasse besprochen)
L: So ihr drehts jetzt amal bitte den Strom ab. Ihr drehts zerst den Regler runter auf Null drehts
hinten dann ab und zwickts vorsichtig die Klammern runter die Prokop-Klammern Und - ihr müssts
 110 **aber schau dass die eure Epro also die Glas die Spritzen nicht hoch hupfen ja?**
 111 Sm1: Ja die hüpfen ein bisschen
 112 **L: Ja lassts as drinnen**
 113 Sw2: Und was ist wenn?
 114 **L: Na lassts as im Wasser okay gut**
 115 Sm1: Dann muss aber so schief. die hat einen Auftrieb (leise)
 116 **L: So und jetzt ist die Frage ihr sehts dass sich die plötzlich mit //**
 117 Sw2: // Luft gefüllt //
 118 **L: // Gas gefüllt. Du meinst mit Luft gefüllt, woher kommt die Luft?**
 119 Sm1: Die entsteht
 120 **L: Was entsteht?**
 121 Sw4: Sauerstoff //
 122 SwX: // Sauerstoff //
 123 Sm1: // Luft halt Sauerstoff
 124 **L: Kann Luft dort hinein?**
 125 Sm1: In was?
 126 L: Da in diese Dinger ist da jetzt plötzlich Luft drinnen?
 127 Sm1: Ja //
 128 Sw4: // Ja weil sich der Sauerstoff //
 129 Sw5: // Weil es sich zersetzt. Das zersetzt sich ja
 130 **L: Herrschaften was ist denn Luft?**
 131 SwX: Sauerstoff (leise)
 132 Sw2: Das da da [winkt mit den Händen in der „Luft“ herum]
 133 **L: okay und woraus besteht und und das heißt das da kommt jetzt plötzlich da hinein?**
 134 Sm1: Moleküle es es entst
 135 Sw4: Ja, weil das im Wasser drin ist [...] weil das Sauerstoff ist. Weil Luft, ist Sauerstoff! (--)
L: Da würd ma nicht gut ausschauen wenn wir da hundert Prozent Sauerstoff atmen. Da würd ma
 136 **nämlich alle.**

137 Sw5: Da ist noch was anderes dabei
 138 **L: Okay //**
 139 Sm1: // Moleküle //
 140 **L: // Wie viel wie viel Prozent Sauerstoff sind den in der Atemluft Herrschaften?**
 141 Sw5: Zehn?
 142 **L: Na zwanz //**
 143 Sm1: // Dreißig oder? //
 144 SwX: // Neunzig?
L: Na, zwanzig ungefähr. Okay gut Also alles was mehr ist wäre wenn irgendwo ein Funke wär, dann würd das alles sofort explodieren. Okay mehr als zwanzig Prozent Sauerstoff Kann da Luft jetzt entstehen Herrschaften? Schauts amal was habts ihr jetzt entstehen lassen? Ihr habt wasser
 145 **// [verweist auf die Reaktionsgleichung an der Tafel]**
 146 Sw4: // Sauerstoff und also haben wir keine Luft wir haben Sauerstoff
 147 **L: Genau ihr habt //**
 148 SwX: // Sauerstoff //
 149 **L: // Sauerstoff entstehen lassen und?**
 150 SwX: Wasserstoff
 151 **L: Wasserstoff Oder entstehen? Das heißt es ist es hat sich einfach?**
 152 Sw3: Gebildet //
 153 Sm1: // Aufgelöst, ja
L: Gebildet Ja das heißt das Wasser hat sich zerlegt. Auf der einen Seite in Wasserstoff und auf der anderen Seite in Sauerstoff gut So jetzt ham haben wir gehört diese zwei Gase haben unterschiedliche Eigenschaften okay? [...]
 155 Sm1: Der Wasserstand ist höher geworden.
 156 **L: Der Wass so der Sauerstoff welche Eigenschaft hat der Sauerstoff?**
 157 Sm1: Er st treibt hoch oder?
 158 Sw4: Er explodiert
 159 SwX: ist explosiv
L: Okay also er fördert die Verbrennung wenn was ist explodiert gleich okay gut das heißt wie könnten wir dieses Gas nachweisen?
 161 Sw4: indem wir jetzt irgendwas machen dass das explodiert //
 162 Sm1: // Indem wir zündeln
 163 **L: indem wir zündeln Okay gut ahm was wo wann brauch ich Sauerstoff? Damit etwas (-)**
 164 Sm1: Hochgeht
 165 **L: brennt oder**
 166 Sw4: Ja
L: okay das heißt wenn etwas glüht und ich blas drauf oder wachel hin dass mehr Sauerstoff hinkommt fangt das wieder zu brennen an ja okay. Das heißt eine Möglichkeit Sauerstoff nachzuweisen ist sozusagen die Glimmspanprobe das heißt man nimmt dann ein Stückl Holz lasst das anglimmen das heißt ich zünds an blas' aus dass nur mehr a rote Glut ist ja und wenn ich das in die Nähe von dem Gas komm Was müsste dann passieren?
 168 Sm1: Es brennt
 169 Sw2: Zabumm [Deutet mit ihren Händen eine Explosion an]
 170 **L: Es müsste brennen okay gut. Das wär der Nachweis die Spanprobe so gut //**
 171 Sm1: Es wird nicht expodieren //
 172 **L: // wie grieg i aber jetzt den Sauerstoff da quasi heraus aus dieser aus der Spritze?**
 173 Sm1: Da [zeigt auf das Becherglas]
 174 Sw4: In ein komisches Ding geben
 175 **L: In ein komisches Ding geben (lacht)**
 176 Sm1: Pipette vielleicht falls das möglich ist ich glaub nicht
L: Ah okay Ihr habts auf dem Zettel Eigenschaften vom Sauerstoff stehn wer hat den mit wer hat schon ein stückerl runter glesen schauts gschwind nach welche Eigenschaften der Sauerstoff noch hat.
 177

178 Sm1: Er bleibt da drin Bleibt er nicht da drinnen [zeigt auf die Spritze]
 179 Sw4: [...] 1,1 mal schwerer als Luft schmelzpunkt [...] [liest den Zettel vor]
 180 **L: okay das heißt**
 181 Sw4: Nachweis mit der Spanprobe [liest den Zettel vor]
 182 **L: mit der Spanprobe genau das heißt es ist schwerer als Luft okay**
 183 Sm1: Also bleibts unten
 184 **L: Das heißt wenn ich jetzt**
 185 Sm1: Wenn ichs jetzt so halt müsste es nein umgekehrt so so
 186 **L: genau**
 187 Sm1: weils ja unten bleibt
 188 **L: genau das heißt wie hol ich das jetzt quasi raus?**
 Sm1: In dem man so und dann dreht mans schnell [zeigt mit der Hand wie er die Spritze schwungvoll
 189 aus dem Becherglas umdrehen würde]
L: Das heißt ich ge geb den Daumen drauf im Wasser und drehs um Wenn ichs dann weggib müsst
 190 **drinnen bleiben weils schwerer als Luft ist oder?**
 191 Sm1: Ja
L: Okay das heißt das ist eure einzige Chance den heraus zu kriegen okay. Vorher braucht jeder
einen glimmenden Span wart noch ein bissi [zu Sm1] jeder hat eine hat eine Kerze Feuerzeug jeder
 192 **holt euch einen Holzspan einen Schaschlik Spies**
 193 [...] [Die Kleingruppen zünden die Kerzen vor ihnen an und holen einen Holzspan]
L: Kerzerl anzünden. Ah Bevors ihrs rausnehmts Herrschaften welche nehm ma dn? Welche
 194 **Spritze nehm ma?**
 195 Sw4: Die die nicht dreckig ist
 196 **L: Welche nehm ma?**
 197 Sm1: Die die auftreibt
 198 **L: Bevors ihrs raus lassts noch drinnen bitte**
 199 Sw4: Die die aufgestiegen ist [...]
L: Ahm schauts amal auf die Tafel [verweist auf Reaktionsgleichung] Welche Spritze hat den
 200 **Sauerstoff?**
 201 Sw2: O Zwei
 202 SwX: Minus?
 203 Sm1: Na die min Minuspol
 204 Sw2: Die O Zwei
 205 **L: Ihr wissts jetzt nimma mehr welche Plus und Minus ist weil wir hams ja heruntergenommen**
 206 Sw4: Sicher das ist die plus und das ist die minus //
 207 Sm1: // Sicher das ist die min Minuspol [zeigt auf eine Spritze] Das ist die die auftreibt also aufsteigt
 208 **L: Ah dort wo mehr drinnen ist oder dort wo weniger drinnen ist?**
 209 SwX: Mehr is
 210 Sm1: Da wo weniger drinnen ist
 211 **L: Warum?**
 212 Sm1: Ja weil es ist mehr von dem Sauerstoff Wasserstoff drinnen. Was war das da jetzt?
 213 **L: Nochamal nochamal was wo ist mehr drinnen?**
 214 Sm1: Da! [zeigt auf die gleiche Spritze wie vorhin]
 215 **L: Wasserstoff oder Sauerstoff ist mehr?**
 216 Sm1: es ist
 217 L: Sw2!
 218 Sw2: Vom::
L: Schau mal schau mal die Formel an. Du kriegst zweimal Wasserstoff-moleküle und einmal
 219 **Sauerstoffmoleküle. Wo ist mehr da?**
 220 Sw2: Wasserstoff
L: Beim Wasserstoff, das heißt welche Spritze enthält den Wasserstoff? Dort wo mehr Gas drinnen
 221 **ist oder?**
 222 Sw2: Ja

223 **L: Gut, welche nimm ich dann also für die Spanprobe? Dort wo?**
 224 Sw2: Die die mehr Gas
 225 Sw5: Die mit dem weniger
 226 **L: Die mit dem weniger wir wolln Sauerstoff**
 227 Sw2: also das heißt das mit dem
 228 **L: Weniger**
 229 Sw4: Also die dreckige?
 230 **L: Ja genau!**
 231 Sw4: Wäh Sw5 wir müssen die dreckige rausholen
 232 **L: also wenig mehr** [zeigt auf die Spritzen]
 233 Sm1: also Kann ich die eine schon rausnehmen?
 234 **L: So dort wo wenig ist die nehmts**
 235 Sm1: da die kann ich rausnehmen [Sm1 beginnt eine Spritze herauszunehmen]
 236 **L: daumen drauf daumen drauf welche ist das? Das ist die wenig** [direkt zu Sm1]
 237 Sm1: Das ist die wo
L: die viel ist die lass drinnen das ist die brauchst die brauchst bitte und Daumen drunter ihr müsst eintauchen (-) die nehmts [zeigt welche Spritze benötigt wird] **Anzünden das muss das muss**
 238 **muss**
 239 Sw2: Macht das was wenn das Staberl nass is?
 240 **L: Ja das muss wirklich glühn und das geht nur einmal das muss wirklich glühn**
 241 Sm1: Was soll ich damit machen [hält einen weiteren Spies in der Hand]
L: Das muss wirklich glühn [hält den Spies in die Flamme] **halts selber Schatzi** [zu Sw1] [Sw1 hält den glimmenden Spies in die Flamme und Sm1 nimmt die Spritze heraus] **muss wirklich glühn**
 242 Sw2: Solln wirs zuerst zum glühn bringen oder
 243 **L: Ja bitte**
 244 Sw2: Sw3 hols raus Sw3 beeil dich es glüht
 245 **L: Aber nicht hinein nicht in die Flüssigkeit**
 246 Sm1: Kann ich den Finger abnehmen
L: Wart noch ein bissi glühts schon ausblasen okay und hinein halten [Sw1 nimmt den glimmenden Spies aus der Flamme] **na da rein** [Sw1 wollte den Spies in das Becherglas stecken] **hast as gsehn** [wie der Span in die Spritze mit dem Sauerstoff gehalten wurde, dass es stärker zum Glühen begann]
 247 **hast das gsehn?**
 248 Sm1: Nein
 249 **L: Was ist passiert?**
 250 Sm1: Es ist schon so ein Feuerball kommen ein kleiner [zeigt mit den Fingern wie das Span in der Spritze geglüht hat]
 251 **L: Also hats funktioniert**
L: [zu Gruppe Sw2, Sw3]: Aber bitte nicht in die Flüssigkeit hinein tauchen nur knapp drüber in das Gas ja es geht ums Gas und nicht um die Flüssigkeit
 252 [...] [eine andere Gruppe macht die Glimmspanprobe]
 253 Sm1: Und was ist damit jetzt Frau L? [Zeigt auf die zweite Spritze mit Wasserstoff]
 254 **L: Okay lass die zerst entsorgen**
 255 Sm1: Was ist jetzt damit?
L: Wart bitte lass drinnen das ist jetzt ganz wichtig ihr brauchts eine Kerze wir ham da noch eine dritte Kerze
 256 Sm1: Ich brauch ein Candle
L: So da ist eure Kerze wer hat keine Kerze? Ihr habts keine Kerze so [Gibt Sm1 eine Kerze, Sm1 zündet diese an] [...] [L geht zu einer anderen Gruppe]
 257 Sm1: Und wieso entsteht da so sag ich mal verdreckt das so? (Schaut auf die verdreckte Sauerstoffspritze)
 258 **L: Ähm Was macht Sauerstoff? (-)**
 259 Sm1: Ja
 260 **L: also Wenn Eisen mit Sauerstoff reagiert was passiert da?**

265 Sm1: Dann passiert eine chemische Reaktion und es rostet denk ich
 266 **L: Genau es rostet und was passiert da Was erzeugst du?**
 267 Sm1: Da hätten sie Nirosta nehmen müssen?
 268 **L: Du erzeugst da direkt Sauerstoff und der reagiert sofort mit dem Metall – ja** [L geht weg]
 269 **E4_4a_Lv1_Canon_MOV002_31:33_37:28**
 270 [L kommt zur Gruppe wegen der Knallgasprobe zurück]
 271 **L: okay bei euch brennts?** [meint die Kerze]
 272 Sm1: Ja lichterloh
L: ja Sw4 kommts ihr kurz her ich erklärs euch da [Gruppe von Sw4 kommt zu Sm1 und Sw1] [...] **So das nächste ist wir ham gsagt also in der zweiten in der zweiten Spritze sollte jetzt Wasserstoff sein okay Wasserstoff ist das Gas mit dem der Cavendish experimentiert hat. Welche Eigenschaft hat das?**
 273 **das?**
 274 Sm1: Es explodiert
 275 **L: Es explodiert und es ist ein ganz leichtes Gas es ist leichter als Luft das heißt**
 276 Sm1: Auch leichter als Helium?
 277 **L: Das heißt wenn ich das jetzt heraus nehm ja was passiert dann**
 278 Sw4: Dann wird das
 279 **L: Dann rinnt das quasi unten raus. Das heißt wie muss ich das jetzt raus nehmen?**
 280 Sw4: So
L: ich muss das jetzt ich muss zuhalten ja jetzt ist ganz wichtig es ist noch ein bisserl Wasser drin okay das heißt ihr fahrts hinein haltets das zu lasst das Wasser langsam ausrinnen und sobald das Wasser drauß is machts as wieder zu und dann haltet ihr das so schräg so über die Kerze okay ja also nicht es darf nicht [Zeigt die Handhabung der Spritze vor]
 281 **also nicht es darf nicht** [Zeigt die Handhabung der Spritze vor]
 282 Sw5: Min Finger drauf?
L: ja klar wenn da Wasser drauf ist und ich mach auf rinnts auf die Kerze ausglöscht ja aber es funktiniert nur einmal ja das heißt zumachen
 283 **funktiniert nur einmal ja das heißt zumachen**
 284 Sm1: Oder kein mal
L: Also zumachen ja und dann so vor die Kerze halten und so vor die Kerze halten okay gut. Probier mas mal bei dir [Sm1]. **Lass jetzt raus** [Sm1 nimmt die Kerze vorsichtig heraus] (----)
 285 **mas mal bei dir** [Sm1]. **Lass jetzt raus** [Sm1 nimmt die Kerze vorsichtig heraus] (----)
 286 Sm1: Es dauert ein bisschen ich lass das ganze Wasser raus
L: Ja ja [Sm1 nimmt die Spirtze raus] **Okay zu zu zu und hinhalten so** [Sm1 hält die Wasserstoff spritze über die Flamme und macht die Knallgasprobe erfolgreich] **Gehört? Ja okay**
 287 **Gehört? Ja okay**
 288 Sw2: Blopp
L: Und wenn ihr das anschauts ist da oben sind jetzt so winzige Tropferl ja und das ist genau des was dem Cavendish passiert ist nur dem is natürlich in großem Maße passiert ja der hat net mit so wenig experimentiert sondern wahrscheinlich mit mit Unmengen ja und manchesmal hört mans so richtig piiiuuu ja manchesmal pfeift das so richtig okay ja wobei das war auch schon eine gute Sache. Okay ihr probiert das jetzt auch geht scho [zu Sw4] [...] **Gut gemacht!** [zu Sm1]
 289 **Gut gemacht!** [zu Sm1]
 290 Sm1: Danke hab auch ich gemacht [L Gratuliert Sm1 mit Handschlag]
 291 [...] **L: Und das war die so genannte Knallgasprobe. [...] Okay super also was habts ihr jetzt gemacht heute?**
 292 **heute?**
 293 Sw4: Wir ham chemische Reaktionen herausgefunden
 294 Sw5: Wir ham Wasser zersetzt
 295 **L: genau**
 296 Sw5: Und wieder zusammengesetzt
 297 **L: ja Genau zersetzt gfallt ma net ganz zersetzten hat so was so was was habts ihr?**
 298 Sw4: Aufgelöst
 299 Sw5: Zerlegt
 300 **L: zerlegt Ja zerlegt und womit habts ihrs zerlegt?**
 301 Sw4: Mit Strom und
 302 Sm1: Mit chemischen Versuchen
 303 **L: Mit?**

304 Sw4: Strom
 L: **Mit Strom genau ja und wenn Strom dabei ist und ich etwas zerlege mit Strom dann heißt das**
 305 **Elektrolyse schweres Wort**
 306 Sw4: (?Wir ham das Wasser elektrolysiert?)
 307 Sm1: (???)
 308 Sw5: Frau L
 309 L: **Ja**
 310 Sw5: Warum ham wir eigentlich diese Nadeln reingegeben?
 311 Sm1: Damits luftdicht ist
 312 L: **Warum warn ja genau warum**
 313 Sm1: Und damits den Strom leitet überleg amal
 314 L: **Ja was was wozu sind die Nadeln da**
 315 Sw4: Weils den Strom hinein
 316 L: **Okay weil sonst könnt ich den Strom da nicht ins Wasser geben**
 Sw4: Ich hab eine Frage wie können wir das jetzt herausfinden was das hier ist [könnte die Algen
 317 meinen]
 L: **Ahm Wir wern das das nächste mal wann hamma denn zeit wir wern das unters Mikroskop**
 318 **legen und schaun einfach was das ist**
 319 Sw4: Wäh das ist so eklig
 320 Sw5: Ich freu mich schon irgendwie total
 321 Sw4: Sagen sie uns dann was das ist?
 322 L: **Na ihr schauts selber nach**
 323 Sw5: Wir schaun selber nach ist viel lustiger [...]
 324 Sw4: na wäh
 325 Sw5: Es ist lustig
 L: **Ja zum Beispiel in einer Mittagspasue nehmts euch ein Mikroskop und dann schau ma**
 326 **gemeinsam**
 327 Sw5: machen wir das jetzt noch
 328 L: **ah na ihr müsst jetzt.**
 329 Sw4: wir ham jetzt aus
 330 L: **Wir ham jetzt 10 minuten zeit was mach ma in den 10 Minuten?**
 331 Sw4 und mehrere: Wegräumen
 332 L: **bitte Wegräumen alles sauber**
 333 Sw2: Also auch die Nadeln?
 334 L: **Die darfst du mit nach Hause nehmen und den Versuch zu Hause machen**
 335 Sw2: Ja!
 336 Sm1: Ich hab ein paar für Zuhause
 337 L: **Bitte bitte nicht ah**
 338 Sw2: Ich heiß Sw2
 339 L: **Sw2 nicht nicht mit normalem Strom ja nicht in die Steckdose hinein**
 340 Sw2: Nein!

A1.1.1

A1.2: Ausschnitt der Teilziele zur Elektrolyseeinheit

- 11 **L: Was tut sich?** [L schaut auf das Experiment] [Teilziel A: Die Schülerinnen sollen erkennen, dass es zu einer Veränderung der Flüssigkeit kommt]
- 12 Sw5: Das Salz löst sich auf nein
- 13 **L: Das ist kein Salz**
- 14 Sw6: Luftbläschen
- 15 **L: Luftbläschen genau wo entstehen die?** [...] [Teilziel A wird erreicht. Teilziel B: Die Schülerinnen sollen erkennen, wo die Veränderung punktuell auftritt]
- 16 Sw4: Es verwandelt sich in Gas
- 17 Sw5: Drinnen
- 18 **L: Wo drinnen?**
- 19 Sw5: In der Spritze [Teilziel B wird erreicht]
- 20 **L: In der Spritze genau**
- 21 Sw4: Verwandelt es sich zu Gas? (-) wird es zu Gas?
- 22 **L: Was könnten die Bläschen sein?** [Teilziel C: Die Schülerinnen sollen verstehen, dass es sich bei den entstandenen Bläschen um Gas handelt]
- 23 Sw5: Es kocht [Antwort führt von Teilziel C weg. Es erfolgt ein Einschub zum Begriff Kochen]
- 42 **L: Also sieden kanns nicht ja aber du hast gesagt es entsteht was?** [Einschub Kochen wird beendet]
- 43 Sw4: Gase [Teilziel C wird erreicht]
- 49 **L: Ganz kleine Gasbläschen steigen dort auf okay gut vielleicht fällt euch noch was auf? (--) ist überall gleich?** [Teilziel D: Die Schülerinnen sollen erkennen, dass unterschiedlich viel Gas in den einzelnen Spritzen entsteht]
- 50 Sw5: Nein wo die Nadel andockt
- 51 Sw4: Nein wo die Nadel ist da sind die meisten Bläschen [Teilziel D wird nicht erreicht]
- 58 **L: [...] es ist es ähm bei beiden gleich?** [Sw4 beugt sich über das Experiment] [...] [L verlässt die Gruppe] [Teilziel D erneut, wird vorerst vernachlässigt]
- 66 **L: [...] Gut Das heißt ihr habts gesagt das sind Gasbläschen oder? Was ist das für ein Gas?** [Teilziel E: Die Schülerinnen sollen Verstehen, welche Gase aus Wasser gebildet werden]
- 67 Sw5: Wasserstoff? Nein wie heißt dieses Gas?
- 68 Sw6: Dieses s:o:da
- 69 **L: Was?**
- 70 Sw5: Soda glaubst du?
- 71 Sw6: Soda ist das

- 72 **L: Was könnte das für ein Gas sein? (-)** [Teilziel E erneut]
- 73 Sw5: H Zwei O nein Das ist die Flüssigkeit [...]
- Sw5: H Zwei O ist die Flüssigkeit [Antwort führt von Teilziel E weg. Es folgt ein Einschub zum Thema Wasser]
- 75
- 79 Sw4/Sw5: Wasserstoff?
- 80 Sw5/Sw4: Wasserstoff glaub ich nicht
- 81 **L: Aha**
- 82 Sw6: Ich glaub dass da aber eher O H Zwei O Sauerstoff O (???)
- 83 **L: Was ist O?**
- Sw4: C O Zwei ist Luft. [Antwort führt von Teilziel E weg. Es folgt ein Einschub zum Thema Luft und Kohlendioxid]
- 84
- L: [...] Nochmal ist es auf beiden Seiten gleich viel Gas?** [Einschub Luft und Kohlendioxid wird abgebrochen. Teilziel D wird erneut aufgegriffen]
- 102
- 103 Sw4: Nein auf der blauen ist mehr Gas [Teilziel D wird erreicht]
- 116 **L: [...] So und jetzt ist die Frage ihr seht dass sich die plötzlich mit //** [Teilziel E erneut]
- 117 Sw2: // Luft gefüllt //
- 118 **L: // Gas gefüllt. Du meinst mit Luft gefüllt, woher kommt die Luft?**
- 119 Sm1: Die entsteht
- 120 **L: Was entsteht?**
- 121 Sw4: Sauerstoff //
- 122 SwX: // Sauerstoff //
- Sm1: // Luft halt Sauerstoff [Antwort führt von Teilziel E weg. Es folgt ein Einschub zum Thema Luft und Sauerstoff]
- 123
- L: [...] Okay gut Also alles was mehr ist wäre wenn irgendwo ein Funke wär, dann würd das alles sofort explodieren. Okay mehr als zwanzig Prozent Sauerstoff Kann da Luft jetzt entstehen Herrschaften? Schauts amal was habts ihr jetzt entstehen lassen? Ihr habt wasser //** [verweist auf die Reaktionsgleichung an der Tafel] [Einschub zum Thema Luft und Sauerstoff wird beendet. Teilziel E erneut]
- 145
- 146 Sw4: // Sauerstoff und also haben wir keine Luft wir haben Sauerstoff
- 147 **L: Genau ihr habt //**
- 148 SwX: // Sauerstoff //
- 149 **L: // Sauerstoff entstehen lassen und?**
- 150 SwX: Wasserstoff [Teilziel E erreicht]
- 154 **L: Gebildet Ja das heißt das Wasser hat sich zerlegt. Auf der einen Seite in Wasserstoff und auf der anderen Seite in Sauerstoff gut So jetzt ham haben wir gehört diese zwei Gase haben**

unterschiedliche Eigenschaften okay? [...]das heißt wie könnten wir dieses Gas [Sauerstoff, Anm. DK] nachweisen? [Teilziel F: Die Schülerinnen und Schüler sollen aufgrund von vorgegeben Eigenschaften Sauerstoff nachweisen] [...]

161 Sw4: indem wir jetzt irgendwas machen dass das explodiert //

L: okay das heißt wenn etwas glüht und ich blas drauf oder wachel hin dass mehr Sauerstoff hinkommt fangt das wieder zu brennen an ja okay. Das heißt eine Möglichkeit Sauerstoff nachzuweisen ist sozusagen die Glimmspanprobe das heißt man nimmt dann ein Stückl Holz lasst das anglimmen das heißt ich zünds an blas' aus dass nur mehr a rote Glut ist ja und wenn ich das in die Nähe von dem Gas komm Was müsste dann passieren? [Teilziel F verdeutlicht]

168 Sm1: Es brennt [Teilziel F erreicht]

L: // wie grieg i aber jetzt den Sauerstoff da quasi heraus aus dieser aus der Spritze? [Teilziel G: Die Schplerinnenn und Schüler sollen aufgrund der Dichte verstehen, ob Sauerstoff an der Luft aufsteigt oder absinkt] [...]

L: Ah okay Ihr habts auf dem Zettel Eigenschaften vom Sauerstoff stehn wer hat den mit wer hat schon ein stückerl runter glesen schauts gschwind nach welche Eigenschaften der Sauerstoff noch hat. [Teilziel G verdeutlicht]

178 Sm1: Er bleibt da drin Bleibt er nicht da drinnen [zeigt auf die Spritze]

179 Sw4: [...] 1,1 mal schwerer als Luft schmelzpunkt [...] [Liest den Zettel vor] [Teilziel G erreicht]

L: Kerzerl anzünden. Ah Bevors ihrs rausnehmts Herrschaften welche nehm ma dn? Welche Spritze nehm ma? [Teilziel H: Die Schülerinnen und Schüler sollen den Zusammenhang der Reaktionsgleichung ($2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$) und der entstandenen Gasmenge verstehen]

199 Sw4: Die die aufgestiegen ist [...]

L: Ahm schauts amal auf die Tafel [verweist auf Reaktionsgleichung] **Welche Spritze hat den Sauerstoff?** [Teilziel H verdeutlicht]

203 Sm1: Na die min Minuspol

204 Sw2: Die O Zwei

L: Ah dort wo mehr drinnen ist oder dort wo weniger drinnen ist? [Teilziel H nochmals verdeutlicht]

209 SwX: Mehr is

210 Sm1: Da wo weniger drinnen ist

211 **L: Warum?**

212 Sm1: Ja weil es ist mehr von dem Sauerstoff Wasserstoff drinnen. Was war das da jetzt?

213 **L: Nochamal nochamal was wo ist mehr drinnen?** [Teilziel H nochmals verdeutlicht]

220 Sw2: Wasserstoff

L: Beim Wasserstoff, das heißt welche Spritze enthält den Wasserstoff? Dort wo mehr Gas drinnen ist oder? [Teilziel H nochmals verdeutlicht]

222 Sw2: Ja

223 L: Gut, welche nimm ich dann also für die Spanprobe? Dort wo?

225 Sw5: Die mit dem weniger

A1.3: Transkript zur Destillationseinheit

341 **D1_4b_Lv2_CanonHD_00044_5:56_7:36**

[Die Schülerinnen und Schüler sitzen mit der Lehrerin um einen Tisch und erhalten die Arbeitsaufgabe]

343 **L: Wir trennen Wasser vom Alkohol vom Spiritus Okay wie tun wir das?**

344 Sm5: Den Alkohol anzünden!

345 SwX: Verbrennen!

L: Du solltest nachher ein Schüsserl Spiritus haben und ein Schüsserl Wasser [bildet mit den Händen zwei Schüsseln]

346 Sm3: Ja wir fangen den Alkohol ja dann [formt mit seinen Händen eine nach unten geöffnete Halbkugel]

348 Sm4: Ja!

349 Sm5: Das solln wir nicht

350 Sm4: Wir destillieren einen Schnaps! [Hoherfreut, lacht]

L: Ahm ihr habt von mir einen Zettel bekommen da stehn einige Eigenschaften von Stoffen drauf vielleicht nehmt ihr euch den Zettel. Wir ham drei Gruppen setzt euch in drei Gruppen in zwei minuten treff ma uns und besprechen

352 Sm5: Ich hab eine Idee vielleicht vielleicht erhitzen? [Dreht sich zu L]

L: Du besprich das mit deiner Gruppe! [deutet Sm5, dass er sich wieder zu seiner Gruppe drehen soll]

354 Sm4: Weißt du was wir machen, wir erhitzen mal beides [dreht sich zu Sm3]

355 Sm5: Den Alkohol erhitzen, der verdampft schneller!

356 Sm4: Der verdampft viel schneller als Wasser.

357 Sm5: Um einiges!

358 Sm3: Ja aber//

359 //Sm4: Ja weil schau [zeigt auf seinen Zettel und liest vor], Alkohol bei minus//

//Sm3: Warte kurz wo ist mein Zettel [blättert in seiner Mappe und sucht den Zettel mit den Eigenschaften]//

//Sm4: Siedepunkt ist bei schau mal schau mal schau mal bei mir [rückt den Zettel energisch zu Sm3], hier haben wir schon einen früheren Siedepunkt, das heißt es siedet früher, als weiß ich nicht da [zeigt mit seinem Finger an eine andere Stelle auf dem Blatt]. Das heißt wenn wir sehn dass schon was aufsteigt dann drehn wir ein bissl zurück dass es auf dieser Temperatur bleibt. Ist nur der Alkohol weg [klopft mit seinem Finger auf den Zettel] und dann ham ma das Wasser. Und dann [haut mit der Faust auf den Tisch] kann der Alkohol abkühlen und geht wieder rein. Tatatah! Das nennt man destilliern Haha!

362 Sm5: Okay, okay, wir hams schon herausgefunden [dreht sich zu L]

363 Sm4: Wir sitzen eh schon da [dreht sich zu L] (-) Frau L wir hams herausgefunden!

364 **L: Aufschreiben! Eure Vermutung geht schon beginn eines Protokolls**

365 [...]

366 **L: [Blickt auf die Armbanduhr] Zeit läuft tick tack tick tack**

367

368 **D2_4b_Lv2_CanonHD_00044_10:08_12:4**

369 **L: So Zeit ist um zurück**

370 Sm4: Tick tick tick tick tick tick [klopft mit dem Zeigefinger auf den Tisch]

371 **L: Alle am Beratungstisch**

372 Sm3: Ah, können wir anfangen?

373 **L: Nein du kannst noch gar nicht!**

Sm4: Wir werden gar nix sagen! Wir werden gar nix sagen! [dreht sich zu Sm3] [L winkt die anderen Gruppen zum Tisch]

374 **L: Ja Beginn eines Protokolls Vermutung aufstellen okay so habts ihr was herausgefunden** [spricht eine Schülerinnen Gruppe an]

375 eine Schülerinnen Gruppe an]

376 Sw8: Ja

377 **L: Und zwar?**
 378 Sw8: Das eh also wir ham uns gedacht wir könnten es gasförmig machen also den Alkohol
 379 **L: Okay**
 380 Sw8: Aber dann ham wir uns gedacht, dass es nicht geht weil das Wasser auch gasförmig wird
 381 Sw9: Der Alkohol wird's schon bei 78 Grad und das Wasser erst bei 100
 382 **L: Okay also was habts okay das ist eure Idee was habts ihr?**
 Sm2: Wir würdn auch sagen zum kochen bringen aber schau dass das Wasser nicht mehr als 99
 383 Grad bekommt
 384 **L: Okay und was war bei euch?** [fragt Gruppe Sm3,4,5]
 385 Sm3: Auch das selbe
L: Das heißt welche Eigenschaft oder was habts ihr da Wie nennt man das? [deutet mit den Händen
 386 auf und ab]
 387 Sm4: [zeigt auf] Unterschiedliche //
 388 **L: // Unterschiedliche //**
 389 Sm4: // Siedepunkte
L: Genau die unterschiedlichen Siedepunkte. So wie könnt jetzt so ein Versuchsaufbau
ausschauen? Was, oder was brauch ma alle dazu um so einen Versuch zu bauen? Bitte [nimmt
 390 Sm5 [zeigt auf] dran]
 391 Sm5: Also so'n Gasbrenner // [zeigt mit den Händen einen Brenner]
 392 **L: // Okay, also ich brauch ja klor an Gasbrenner //**
 393 Sm5: // Die Hitze und ein Gefäß wo mans halt reinstellen kann und //
 394 **L: // Gut //**
 Sm5: // Zum Beispiel irgendetwas mit dem mans abfangen kann umleiten [beschreibt seine
 395 Aussagen mit den Händen]
 396 **L: Okay ham ma das schon ghabt?**
 397 Alle: Ja! [Klasse stimmt zu]
 398 Sm4: Und womit mans misst die Temperatur.
 399 **L: Und wir brauchen etwas womit man die Temperatur misst. Wie heißt denn dieses Sch, dieses?**
 400 Alle: Thermometer!
L: Okay, also wir brauchen a Thermometer, wir brauchen ein ein Kühlrohr und wir brauchen einen
Gasbrenner, wahrscheinlich ein Stativ müsst euch aufbauen. Okay, werdn wir euch alles zur
Verfügung stellen. Ihr stellt euch vorher eine Mischung zusammen die ungefähr der Mischung
eines eines eines Vodka's entspricht, ja [zählt mit den Fingern auf die einzelnen Materialien auf]
 401 **Also ihr habt //**
 402 Sm5: // Also, 40 Prozent.
L: 40 genau ihr habts also ihr sollts 100 Milliliter, 100 Milliliter Flüssigkeit [zeigt mit den Fingern
 403 ein Becherglas] **herstellen, wobei 40 Prozent dieser Flüssigkeit Spiritus is**
 404 Sm3: Also 40 40 Milliliter ist das diese Getränk?
 405 **L: Aufgabe ist 40 Prozent dieses**
 406 Sm5: Alkohol
 407 Sw10: Giegen wir Messbecher
 408 **L: Ihr griegts an was brauch ma dazu?**
 409 Sw10: An Messbecher
L: Messbecher genau. Okay gut ah zwei bitte hörts ihr mir zu. Die gruppe die da gessen is nimmt
alles Material und gibt's amal am Tisch weil wir brauchen zwei Plätze da und einen Platz die dritte
 410 **Gruppe arbeitet da ja** [weist den Gruppen ihre Plätze im Klassenraum zu]
 411 [...]
 412
 413 **D3_4b_Lv2_CanonHD_00044_13:11_14:29**
 414 [L stellt die Materialien zur Verfügung]
L: Ihr verwendet bitte diese Kolben schauts ihr kurz her (-) Hallo! Ihr verwendets diese Kolben die
 415 **drei diese da, die die drei die da stehn an Stopfen mit zwei Löchern was glaubts ihr warum zwei?**
 416 Sm4: Weil eins für Wasser eins für Alkohol

417 Sm5: Ähm, für den Dampf das er austreten kann //
 418 **L: // Okay einer sollt da Dampf //**
 419 Sm5: // weil sonst ist ein Überdruck
 420 **L: Was wollma denn haben?**
 421 Sm4: Beides!
 422 Sm2: Wasser und
 Sm4: Wasser und das ist ja das hab ich doch vorher gesagt dass man dann beides rausgrigt ohne
 423 dass mans umleern muss.
 424 **L: Okay wir wolln beide rausgrign wir wolln**
 425 Sm3: Aber erst müssen wir die ersten müssen wir offen lassen
 426 **L: Was kommt zuerst raus?**
 427 Sm3: Alkohol!
 428 **L: Der Alkohol! Ähm wann wiss ma wenn da wann da Alkohol nicht mehr rauskommt?**
 429 Sm4: Ab 80 Grad
 430 **L: Ok, wie wiss ma das?**
 431 Sm4: Das wenn ma zum Beispiel nur 80 Grad hat und
 432 **L: Wie weist du dass du 80 Grad hast?**
 433 Sm3 [und andere]: Mit eim Thermometer!
 434 **L: okay das heißt was muss da hinein?**
 435 Sm3: Der Thermometer, ein Thermometer.
 436 **L: Ein Loch fürn fürs Thermometer ein Loch fürs Rohr okay**
 437 [...]
 438 **L: Ah ihr habts nur diese Stunde zeit gebts gas**
 [Sm3, Sm4, Sm5 bauen das Experiment auf [Stativ, Brenner, Stativring, Drahtnetz, Becherglas,
 439 Glasrohre, Klammern, Verbindungsstück, Thermometer]]
 440
 441 **D4_4b_Lv2_CanonHD_00044_16:00_16:56**
 442 [Die Gruppen bereiten den Messzylinder mit Spiritus vor]
L: Ahm ich hab eine Frage wenn ihr jetzt da mit dieser Wasserleitung das hinein schüttets ja wenn
 443 **ihr da rein habts ihr da ein genaues Maß?**
 444 Sm4: Nein aber wir können langsam
 445 **L: Wie könnt ma okay oder was könnt ma noch machen?**
 446 Sm3: Nimm noch ein Becherglas mit 60 und dann
 447 Sw11: Mit so was [Greift auf eine Spritzflasche]
 448 **L: Nein das bitte nicht weil da ist Essig drin [...]**
 449 Sw8: Können wir so ein leeres Ding (Spritzflasche) haben?
 450 [...] [Sm4 füllt mit über den Wasserhahn Wasser in das Becherglas]
 451 Sm3: und ich bau mal auf bis ihr mal fertig seits mit eurem
L: Okay Zeit läuft halbe Stunde ist noch dann muss fertig sein [Ein zweiter Messbecher wird zum
 452 messen des Wassers verwendet]
 453 SwX: Ist da Wasser drinnen? [nimmt ein Becherglas]
 454 **L: Ich hab euch hingstellt**
 455 Sm3: Das ghört denen die andere Gruppe (???)
 456 **L: ich hab einen (Messbecher) dahin gstellt und //**
 457 Sm3: // einen dort //
 458 **L: // und das ist der dritte**
 459 L: Ah da kommen zwei Gruppen bitte auf die lange Bank
 460
 461 **D5_4b_Lv2_CanonHD_00044_17:24-18:54**
 462 [Sm4 befüllt den Messzylinder mit Wasser und Spiritus]
 463 Sm4: Es sind genau 100 Milliliter
 464 **L: [schaut genau auf den Messzylinder] Nein! [schüttelt den Kopf] Warum?**

465 Sm4: Weil das etwas anderes ist als das [zeigt auf die beiden Messzylinder]. [17:12 - MOV002]
L: Nein Nein [schüttelt den Kopf] **du hast da genau 60 genommen** [zeigt auf den einen
466 Messzylinder] **und da genau 40** [zeigt auf den anderen Messzylinder]?
467 Sm4: Ja!
L: Okay merk dir das [mit erhobenem Zeigefinger] **Da warn ganz genau 60 da ganz genau 40** [zeigt
auf beide Messzylinder] **Und wir ham nicht 100. Merk ma uns bitte! Ja behandl ma vielleicht**
468 **nächste Woche ja aufschreiben!** [klopft mit der Hand auf den Tisch]
469 Sm4: Weil nicht alles rauskommt [nimmt Messzylinder und betrachtet ihn genau]
470 **L: Oja es kommt alles raus**
471 Sm4: Nein da sind ein paar Tropfen (lacht)
472 Sm3: Wieso wieso geht das nicht wenn das 60 ist und da 40? [fragt L]
473 **L: Schreib dir das auf!**
474 Sm4: Durch die Luft weils verdampft verstehst du (lacht) wennst das rüber schüttest
475 Sm3: Wir müssen aufbauen kommts ihr sitzts da herum und schauts mir zu
L: Wart wart wart halt Sm2 halt. Bevor du das da hinein gibst musst as feucht machen nass
476 **machen** (das Loch für das Thermometer) **sonst griegst as nie wieder raus und dann brichts ab ja**
477 Sm4: Das solln wir feucht machen
478 **L: Innen**
479 Sm4: das da da?
480 **L: Ja innen drinnen auch wenn du das Rohr reinschiebst**
481 Sm4: Dann passt ja alles
L: Ihr braucht alle eine Brille ihr zwei eure Haare Sw11 deine Haare deine Haare Brille aufsetzen
482 [zu allen Schülerinnen und Schülern]
483
484 **D6_4b_Lv2_CanonHD_00044_19:20_20:21**
L: Und wenn ihr hörts ma zu und wenn ihr dann das Material nicht mehr braucht die kisten stellts
485 **as bitte weg ja weil ihr braucht da wirklich nur eure euren Versuchsaufbau**
486 Sm3: Wo soll ich jetzt diesen Dingsda halten? Das da [nimmt eine Stativklammer]
487 **L: Ahm wie baut man ein Stativ auf**
488 Sm3: Ja das da wir könnten
489 Sm4: nein nein schau mal das da
490 **L: Nein das verwend ma nicht das ist zu wackelig ihr bauts ein Stativ auf**
491 Sm5: Sm4
492 **L: Das kommt aufs stativ drauf hörst du mir zu** [zeigt einen Stativring]
493 Sm3: Ja
L: Und dann gebts ihr quasi das da rauf damits net runter kippen kann okay so so wird's aufbaut
494 **okay** [zeigt ein Drahtnetz]
495 Sm4: das sich das überhaupt nicht bewegen kann
496 **L: Nein schon ein bissi aber net runter falln kann** [L geht weiter]
497
498 **D6_4b_Lv2_Panasonic_00001_00:18_00:39**
499 Sm3: Und die Richtung oder [Fragt L bezüglich des Thermometers]
500 **L: Bitte**
501 Sm3: Die Richtung?
502 **L: Jetzt überleg amal**
503 Sm3: Ja schon
504 **L: Genau**
505 Sm3: Kann man das ins Wasser kann man das bewegen oder muss es außerhalb vom Wasser?
506 **L: Was willstn du messen die Gastemperatur oder die Temperatur der Flüssigkeit?**
507 Sm3: Flüssigkeit
508 **L: Genau**
509

510 **D7_4b_Lv2_Panasonic_00001_1:01_5:50**

Sm4: Warte wir brauchen hier [zeigt mit dem Finger auf das untere Ende des gebogenen Glasrohres aus dem Destillationskolben der etwa 20 cm über der Tischoberfläche montiert ist] etwas das es dann runter tropft.

511 **L: Lassts ihr bitte den kleinen Ring nicht draufliegen am Gefäß sondern der soll ein bissi locker sein nicht fest zwicken ja** [Sm5 lockert den Stativring]

Sm4: Können wir, können wir das da runter irgendwie runter leiten. Kann man das da weiterleiten dass das nicht runtertropft sondern gleich in ein //

514 **L: // Glas. Da musst da überlegen wie du das machst**

Sm4: Auf jeden Fall nicht mit so eim Ding [kramt in einem Arbeitskoffer mit Glasgeräten und Glasrohren]

516 Sm5: Schau da ist ein bisschen Spiel [bewegt den Kolben der im Stativring eingespannt ist]

517 Sm3: Geh weg.

518 Sm5: Wo, Okay da ham wir acht

519 Sm3: Passt [schaut auf Apparatur]

520 Sm5: Perfe::kt. [Schaut auf Apparatur]

521 **L: Schiebts das ganze a Spur nach hinten bitte**

522 Sm5: Können wir jetzt ein Streichholz Feuerzeug//

523 **L: // da jetzt möcht ich dass ihr ein Protokoll schreibt**

Sm3: Wie willst du da ein Streichh wenn der nicht einmal noch fertig ist [Apparatur ist noch nicht fertig aufgebaut]

525 **L: ein Protokoll//**

526 Sm3: // Ja

527 **L: // Mit äh**

528 Sm3: Skizze

529 **L: Skizze Vermutung zuerst Vermutung ok**

530 Sm3: Okay.

531 Sm5: Hab schon die perfekte Vermutung

532 Sm3: Nein

533 Sm4: Wir brauchen Streichhölzer [Streichhölzer werden zum Anzünden des Brenners benötigt]

534 **L: Ich weiß nicht was du willst**

535 Sm3: Er will das da weiterleiten [zeigt auf das Ende des Glasrohres aus der Destillierkolben]

536 Sm4: So das es ganz nach unten geht, das es schön eine lange Leitung ist

537 **L: Und was ist wenn du ahm**

Sm5: Ich hab eh schon was runter gestellt [Zeigt auf den einen Messzylinder am Tisch unterhalb des Glasrohres]

539 Sm3: ja aber das ist nicht so gut weil das tropft ja von da oben runter

540 **L: okay und was könn ma tun dass das dass das**

Sm5: ich nehm einfach so'n größeres Schälchen mit einem größeren Durchmesser halt das dass das hundertprozentig nicht daneben gehen kann //

541 [Stellt ein Becherglas unter die Rohröffnung]
Sm4: // nein man könnte das doch mit dem machen [nimmt ein Glasrohr in die Hand und zeigt es seinen Kollegen]

543 **L: wie könnte man diesen Weg verkürzen?** [zeigt vom Kühlrohr zum Becherglas]

Sm5: indem man da zum Beispiel noch ein Röhrchen [zeigt vom Ende des Glasrohres zum Becherglas]

545 **L: wie noch?**

546 Sm5: indem man das höher stellt

547 Sm3: nein da muss man einfach nur höher stellen

548 Sm5: schau [stellt Messzylinder auf Becherglas]

549 Sm3: Nein ja so genau

550 **L: holt's euch da draußen einen Blechtopf**

551 Sm3: Blechtopf schnell Blechtopf

552 **Sm4: nein ich hab eine bessere Idee kann man das hier** [L geht]

553 Sm3: Blechtopf
 554 Sm4: nein Sm3 schau wir machen's so [sucht ein passendes Glasgerät im Laborkoffer] [...]
 555 Sm5: Bitte gib mir irgendwas. Das wirs draufstellen können. Wart Sm3 ich hol schnell was
 Sm4: Schau so [zeigt Sm3 ein weiteres Glasrohr] und dann können wirs so [hält dieses Glasrohr an
 556 das erst Glasrohr und erreicht damit direkt ein Gefäß zum Auffangen der destillierten Flüssigkeit]
 557 Sm3: Na das is zu groß
 Sm4: ja aber, wo wo willst du dann umleiten? Weil das tropft dann von da oben runter und das ist
 558 ja auch Kilometer weit. Wart ich mach noch die aus //
 Sm3: // Nein. Warte warte warte kurz. Das geht nicht, das geht sich irgendwie nicht aus [Das
 559 verwendete Glasrohr passt vom Winkel nicht in den am Boden stehenden Kolben]
 Sm4: Du kannst auch ein kleineres nehmen. [meint Glasrohr]. Wir können auch das nehmen, geht
 ja auch. Schau mal. [nimmt ein Becherglas als Alternative und stellt es unter die Apparatur; Sm3
 hält erneut das gebogene Glasrohr an] Siehst du, jetzt würde es gehen. Es muss ja nicht direkt
 560 hineinlaufen [meint das Glasrohr in das Becherglas] Schau, so kanns ja auch sein.
 561 Sm3: Ja.
 Sm4: Wir stützens halt ein bisschen damits nicht abbricht halt [Sm4 baut die Apparatur nach seinen
 562 Vorstellungen auf, ohne den Blechtopf] [...]
 563 **L: Ah Ihr habts nicht mehr viel Zeit**
 564 Sm5: Wir sind immerhin noch Wir sind immerhin noch weiter als die anderen [...]
L: Ah nochamal Sm4 du verzettelst dich schon wieder ihr seid ihr braucht's ihr habt's nur mehr a
 565 **Viertelstund**
 566 Sm4: bin eh fertig
 567 **L: in einer Viertelstunde müsst ihr fertig sein und wegräumen!**
 568 Sm4: [baut seine Idee auf] da siehst du (- -) tatata:: schon ham mas [...]
 569 Sm3: sollen wir schon anfangen zu brennen? Und ich schreib Protokoll? [dreht sich zu L].
 570 Sm5: Ja wir haben alles fertig, warte ich schau was [geht weg]
 Sm4: Warte wo ist 80 Grad? schau mal es darf nicht Sm3 Sm3 wichtig es darf nicht über dieses über
 571 diese Grenze gehen.
 572 Sm3: Ja soll mas brennen oder?
 573 Sm4: Warte noch Warte noch
 574 Sm3: Geh holen
 575 Sm5: Frau L schauen sie unser Experiment an ob ich es schon anzünden darf
 576 Sm3: Können wir jetzt anfangen? [Dreht sich zu L] Und wir schreiben dabei
L: [kommt zur Gruppe und betrachtet das Experiment] nicht ganz das Thermometer am Boden
 577 **bitte, weil sonst misst er nämlich die Temperatur vom Glas**
 578 Sm3: okay, ein bisschen höher bisschen höher [Sm4 schiebt das Thermometer nach oben]
 579 Sm4: Jetzt ist es schön
 580 Sm3: Warte
 581 Sm5: Ganz leicht ganz leicht [meint den Gasstrom beim Gasbrenner]
 582 **L: Ah was muss ich zuerst schaun?**
 583 Sm5: Die die //
 584 **L: // Sehts ihr seht ihr die Temp ab wieviel Grad?**
 585 Sm3: Ah wir versuchen nicht über 80
 586 **L: okay das sieht man**
 587 Sm3: ja
 588 **L: ah ich hätt gern, dass ihr alles andere zerst wegräumt**
 589 Sm3: weg weg weg weg weg und das überhaupt [macht auf der Arbeitsfläche Platz] Brille auf
 590 Sm4: Brille aufsetzen [Zünden den Brenner an] [...]
 591 Sm4: Okay aber wir machens nicht zu schnell okay
L: Ihr müssts vielleicht den Gasbrenner a bissl auf was draufstellen [Distanz zwischen Gasbrenner
 592 und Destillierkolben erscheint L zu groß]
 593 Sm5: Wart ich hol schnell was

Sm4: wir können das hier nehmen [holt zwei kleine metallblöcke] [Sm3 stellt den Brenner auf diese
 594 Blöcke, sodass die Flamme näher am Gefäß ist] Geht das?
 595 [L verlässt die Gruppe. Die Schüler arbeiten selbstständig weiter]
 596 **D8_4b_Lv2_Panasonic_00001_9:15_9:35**
 L: [L kommt zurück zur Schülergruppe. Die Destillation läuft bereits, erste Tropfen fließen in das
 597 Auffanggefäß] **Passiert schon was?**
 Sm5: Ja sehn sie da war was da rinnt ein Tropfen (-) schau da rinnt ein Tropfen [zeigt auf das
 598 Verbindungsrohr]
 599 Sm4: Unser frisch gebrauter
 600 **L: Wie viel Grad habts denn schon?**
 601 Sm5: Keine Ahnung [schaut danach auf das Thermometer]
 602 Sm4: Wir sind so bei
 603 Sm5: Wir sind so bei 65
 604 **L: Okay** [L wendet sich wieder ab]
 605
 606 **D9_4b_Lv2_Panasonic_00001_10:26-11:07**
 607 **L: ahm passts ihr auch auf die Temperatur auf?** [L betrachtet das Experiment der Schülergruppe]
 608 Sm4: Ja! Jetzt ham wir genau 80 Grad jetzt dreh mas wieder ein bissl zrück
 609 Sm3: Weg [dreht Brenner ab]
 610 Sm4: Nein nicht ganz weg
 611 Sm3: Oja
 612 **L: Geht's ihr ein Stücki mitn Gsicht zruck**
 613 Sm3: Es sind 81
 614 Sm3: Es ist 81 es ist zu hoch [meint Temperatur] (-)
 615 **L: Ahm Wenns ah noch unter 100 Grad hat was passiert dann?**
 616 Sm4: Dann verdampft der Alkohol.
 617 **L: Das heißt da geht's nur um den Alkohol**
 618 Sm4: Siehst du! [zu Sm3]
 619 **L: Wann ist es wann ist quasi**
 620 Sm4: 99 aber das solltn wir nie erreichen. Wir solltn nicht mehr als 90
 Sm3: Aso 99 erreichen. Ich hol Feuerzeug. Hol Feuerzeug hol Feuerzeug [Sucht Feuerzeug und
 621 schickt Sm4 ein Feuerzeug holen damit der Brenner wieder angezündet werden kann]
 622 **L: Für was ein Feuerzeug?**
 623 Sm3: Wir hams abgedreht
 Sm4: wir ham einen Spielraum von Sm3 wir ham einen Spielraum von wir ham einen Spielraum von
 624 80 //
 625 Sm3: // Schnell schnell //
 626 Sm4: // 80 bis 90
 627 Sm3: Ich dachte bei 80 ist.
 628 Sm5: Yeah bei uns rinnts fast bei uns rinnts fast es tropft dauerhaft
 629
 630 **D10_4b_Lv2_Panasonic_00001_12:07-12:14**
 631 **L: Bitte Sm5 setz deine Brille auf**
 632 Sm5: Okay
 633 **L: Wenn das nämlich springt dann** [zeigt mit den Händen eine kleine Explosion] [wendet sich ab]
 634 Sm5: Kann ich auf Distanz gehen? So jetzt schau ich professioneller aus
 635
 636 **D11_4b_Lv2_Panasonic_00001_13:17_15:20**
 L: **Was machst du?** [Die Schüler kühlen die Röhre damit das Gas schneller wieder im Glasrohr
 637 kondensiert]
 638 Sm4: Wir kühl'n die Röhre //
 639 Sm5: // Wir wolln einen kühlenden Lappen drauf legen weil sonst der Alkohol verdampft //

640 Sm3: // Wir brauchen eine Kühlung sonst das es schneller dampft
641 **L: Wo geht der Alkohol dann wieder hin?**
642 Sm3: Es geht eh weiterhin aber es muss schneller schneller zur Flüssigkeit.
643 **L: Okay**
644 Sm5: Leg ihn da drauf leg ihn da drauf [dirigiert Sm4 wo er das nasse Tuch drauf legen soll]
645 Sm4: Legen wir ihn da.
646 Sm5: Nein, nein [zeigt mit den Fingern auf den unteren Bereich des Rohres]
647 **L: Okay schreibts ihr das alles auf bitte**
648 Sm3: Ja!
649 **L: tropft jetzt Wasser rein (in das Becherglas)?** [L verlässt die Gruppe]
Sm3: Nein ja Nimms weg nimms weg [Sm4 hält das nasse Papiertuch auf das Verbindungsrohr] [...] [Die Schüler legen auf Anweisung der Betreuerin den Lappen weiter oben auf der Apparatur ab]
650
651 Sm4: Und jetzt brauchen wir so ein Sprühsprühdings dass wirs immer befeuchtet habn
652 Sm5: Wir müssten das einfach irgendwie abdecken mit ner Platte [zeigt auf das Becherglas]
653 Sm3: Die Temperatur müssen wir immer aufpassen!
654 **L: Was musst abdecken?**
655 Sm4: Mit ner Platte.
656 Sm5: Das solltn wir mit ner Platte.
657 **L: Naja da habts ja**
Sm4: Wo istn dieses Ding da? Dieses eine dieser Lappen dada? Wo ist dieser Lappen? [...] [Holt einen
658 Topfhandschuh der wie ein Lappen aussieht vom Nachbartisch]
Sm4: Da bisschen was kömma ja abdecken [Deckt mit einem „Topfhandschuh“ aus Plastik das
659 Becherglas ab]
660 Sm5: Legs da drauf ja [...] [Die Schüler tauschen die nassen Kühltücher aus]
L: Ah Sm4 Sm4 hör zu wenn du jetzt den Glaskolben triffst du kühlst den Glaskolben ganz plötzlich
661 **was passiert da?**
662 Sm4: Es geht nicht
663 **L: Was geht nicht?**
664 Sm5: Es springt das ganze
665 **L: Es könnt das Glas springen also das würd ich nicht tun**
666 Sm5: Kommt drauf an welches Glas das ist wenns Laborglas ist dann hält sehr viel aus
L: Aber trotzdem eine ganz schnelle Abkühlung wird auch ein Laborglas wahrscheinlich nicht
667 **aushalten**
668 Sm4: Okay dann wechseln wir halt immer wieder den Lappen oder
669
670 **D12_4b_Lv2_Panasonic_00001_15:58_18:47**
671 [Die Gruppe kühlt mit einem weiteren Lappen]
672 **L: [kommt wieder zur Gruppe] Ah passts ihr auf eure Temperatur auf?**
673 Sm3: ja (-) ich hab eh ein Auge
674 **L: Okay wie viel darfs haben?**
675 Sm3: nicht über 90
676 **L: ah habts ihr den Alkohol jetzt schon weggetan?**
677 Sm3: ja
678 Sm5: so ziemlich ja da ist der Alkohol [zeigt auf das Becherglas zum Auffangen]
679 **L: Okay**
680 Sm3: Wir werden nicht 40 Milliliter am Ende haben oder
681 Sm5: Es kann eh drauf tropfen da [Sm4 legt ein nasses Tuch auf das Verbindungsrohr]
682 Sm4: Ja eh [...]
683 **L: ist das immer noch ist das immer noch Alkohol das bei euch raus kommt?**
684 Sm3: Nein eher nicht pures
685 **L: Sondern?**
686 Sm3: Eher eine Wasser //

687 Sm4: // Not Hundred prozentig //

688 Sm3: // auch Wasserstoffe mit destilliert

689 **L: Wasserstoff? Das Gas Wasserstoff?**

690 Sm3: Nein

691 Sm5: C O Zwei

Sm3: Nein nicht C O Zwei. Weil in Wasser brennen ja auch Gase fangen an zu brennen oft. Und da

692 wird's auch was vielleicht mitnehmen [deutet mit den Händen den Weg des Destillierten Produkts]

693 **L: Ah also wenns mehr als (-)**

694 Sm3: Langsam müssen wir aufhören ge

L: von der Zeit her würd ich sagen ist es auch glaub ich schon schön langsam [blickt auf die

695 Armbanduhr]

Sm4: Jetzt kommts voll geil raus aber kömma das dann probieren irgendwie dass das Alkohol ist?

696 [dreht sich zu L]

697 **L: Woran wie könnt ma das mach schau dass das Alkohol ist?** [fragt die gesamte Klasse]

698 Sm5: Kosten

699 Sm4: Dran schniefen [...]

700 **L: Okay riechen wie wie könnt mas noch tun? Was was welchen //**

701 Sm4: // Eintunken und abschlecken.

L: Nein Spiritus trink ma nicht kost ma nicht ah wie könnt ma trotzdem ah quasi den Alkohol

702 **nachweisen? Was macht Alkohol?**

Sm4: Es brennt sehr gut Beziehungsweise wir legens wir gebens auf so eine so eine wir gebens da

her und zündens an [deutet zuerst auf ein Blech dann auf die Tischplatte] [L deutet zustimmend auf

703 das Blech] Ba::m!

704 Sm5: Wir schütten in wir schütten in wir schütten in ein Kind an und schau obs brennt (lacht)

705 Sm3: Hör ma jetzt auf und fang ma an mit diesem ausprobieren?

706 **L: Ja ihr dürfts as jetzt anzünden**

707 Sm3: Wir fackeln was ab

708 **L: So alles weg** [nimmt einen Zettel vom Arbeitstisch]

709 Sm4: Lassen wirs noch auskühlen [...]

Sm3: Jetzt müssen wir Brille aufsetzen [Die Gruppe nimmt den Topfhandschuh vom Becherglas und

710 bereitet sich auf das Anzünden vor] [...]

L: So ahm darf ich noch was Bitte wir machen das ihr hörts mir zu ihr machts das nicht mit einem

711 **Feuerzeug sondern zünden einen Holzspan an ja an Schaschlik Spies**

712 Sm4: Aber kömma das abkühlen lassen?

713 **L: Müss ma weil ihr müssts abbauen dass die anderen auch das Experiment machen können**

714 Sm4: Sm3 warten wir noch warten wir noch

715 **L: Nein Sm4!**

716 Sm4: Okay

L: Ihr habts jetzt 7 Minuten noch! Großer Kasten links links Holzkasten rechte Seite zweites drittes

von oben [Dirigiert Sm5 um einen Schaschlikspieß zu holen] [Die Schüler sind sehr enthusiastisch

den Alkohol anzuzünden, bauen die Apparatur ab, leeren das Destillat auf ein Metalltablett mit

717 aufgebogenen Rändern und zünden den Alkohol mit einem brennenden Spies an]

A1.4: Transkript zur Stofftrennungseinheit

718 **S1_4a_Lv2_Canon_MOV001_22:44_23:44**

[Die Schülerinnen und Schüler sitzen mit der Lehrerin um einen Arbeitstisch und besprechen die bevorstehende Aufgabe]

719 **L: So okay wie hamma zwei vier sechs acht zehn** [zählt die Schülerinnen und Schüler durch] **okay wir bilden drei Gruppen und ihr habt jetzt folgende Aufgabe ich vermische euch oder ich geb euch eine kleine Portion Salz eine kleine Portion Sand und eine kleine Portion Holzspäne //**

720 Sm1: // Ich werds kosten //

721 **L: // okay. Ahm du kannst alles davon kosten es ist aber nimma mehr sehr sauber**

722 Sm6: Das ist eh sein (Sm1) Liebingsholz immer Holzspäne

723 **L: Die Aufgabe** [klopft auf den Tisch, da Sm1 und Sm6 lachen] **Die Aufgabe die ihr habt ist folgende zuerst vermengt ihr die drei Stoffe //**

724 Sm6: // Was heißt das? //

725 **L: // und dann na was heißt das?**

726 Sw4: Zusammenmischen

727 **L: Zusammenmischen! Und dann am Ende der Stunde hab ich da das Holz da den Sand da das Salz** [deutet mit der Hand nebeneinander auf den Tisch] **verstanden? ihr müsst es wieder trennen**

728 Sm6: Das dauert ja ur lang

729 **L: Na werma sehn los geht's. Drei Gruppen eine Gruppe zwei Gruppen drei Gruppen** [die Gruppen verteilen sich im Klassenraum und überlegen, wie sie die Aufgabe lösen können]

730

731 **S2_4a_Lv2_Canon_MOV001_24:45_26:15**

732 **L: In genau in genau 17 Minuten ist alles getrennt los geht's [...]**

733 Sm1: Ich weiß wie wir das machen! //

734 Sm6: // Nein, nein, sags nicht, sags nicht Es schaut schon gut so aus [versucht zu verhindern, dass Sm1 den anderen Gruppen eine Lösung sagt]

735 **L: Pssst! Leiser**

736 Sm1: Ich hab eine Idee

737 **L: Ah, Protokoll! Aufschreiben. Vermutung. Das glaub ich**

738 Sm1: Ähm Hören sie mir mal zu //

739 Sm7: // Wo solln wirs hinschreiben?

740 **L: Neuer Zettel**

741 Sm1: Wenn ich, wenn ich das [die Sägespäne/das Holz] ins Wasser gebe das [die Sägespäne/das Holz] geht hoch //

742 **L: // Aha warum? //**

743 Sm1: // Das [der Sand] geht am Boden und das und das wenn ich das Wasser verdunsten lasse bleibt nur mehr das [Salz] übrig

744 **L: Okay und jetzt die Erklärung dazu warum das so funktioniert**

745 Sm1: Aber ist das richtig?

746 **L: Das ist jetzt deine Vermutung**

747 Sm1: Ja ich weiß dass es so geht

748 **L: Ist deine Vermutung, also probiert es ja [...]** Also Vermutung und auch warum warum ah Sm1 warum du die drei diese drei Sachen vermutest

749 Sm1: Aber ist das richtig?

750 **L: Du schreib jetzt auf warum du das machst**

751 Sm6: Wir wir

752 **L: Er hot mas gsogt** [L verlässt Gruppe] [SuS besprechen mit B den Untersuchungsplan]

753 Sm6: Hat er nicht

754

755 **S3_4a_Lv2_Canon_MOV001_29:18_32:26**

L: Ah Zeit läuft 10 Minuten noch (-) na 13 Minuten [blickt auf die Armbanduhr] [...] **Da möchte ich dann wieder alle drei haben. Da das Holz da da Sand da das Salz okay** [deutet auf eine Plastikbox mit drei Bereichen]

757 mit drei Bereichen]

758 Sm1: Aber aber das Salz das das muss ich ja das

759 **L: Ihr habts 12 Minuten noch Zeit los**

760 Sm1: Wie soll ich das Salz da jetzt rausholen?

761 **L: Das ist jetzt deine Sache**

762 Sm1: Ja dann muss ich ja warten bis es verdampft und dann

763 **L: Kannst du das beschleunigen?**

764 Sm7: Feuer machen

765 Sm1: Ja indem ichs koche

L: Okay wir ham da draußen eine Herdplatte ein ein Reindl [Zeigt hinter sich auf die Geräte] (--)

766 **Aber zuerst musst was machen?** [AUDIO: 27:19]

767 Sm1: Wir müssen ein Sieb und den Sand rausholen

768 **L: Okay** [dreht sich kurzzeitig von den Schülern weg] [...]

769 Sm7: Herdplatte hier Herdplatte [Kommt mit Herdplatte zur Gruppe]

770 Sm1: Warum Herdplatte?

771 Sm7: Na für das Salz

Sm1: Geh hol amal an Topf, dann stell mas endlich da rauf [Sm7 geht wieder um Materialien zu holen]

772 holen]

773 **L: Na glaubst du?**

774 Sm6: Ich glaub nicht das das so funktioniert

775 **L: Ich will drei Sachen wieder haben was machst jetzt mit dem Holz?**

776 Sm1: Wir müssen das wir müssen das sieben oder so

L: Wie willst das Holz jetzt rausbringen? Geht schon los. Sm6 überleg wie ma das jetzt rausgriegt

777 [Sm7 kommt mit einer Herdplatte und dreht wieder um]

778 Sm1: Sm6 kannst du das sieben

779 Sm7: Geht schon [Sm7 kommt wieder mit einer Herdplatte]

780 **L: Du hast dort** [zeigt zum Fenster] **also einen Tisch schiebst dort hin**

781 Sm1: Ja nimm einen Löffel und hols da raus

782 Sm6: Okay okay

783 Sm1: Oder ham sie ham sie ein //

784 **L: // Hast dus aufgeschrieben mitn Salz?**

Sm6: Sm7 wir ham nen Auftrag komm her (--) Boa ich hatte grad nen Geisterblitz ich mach das jetzt mit Bierdackerln [Beginnt die schwimmenden Sägespäne mit einem Bierdeckel herauszuheben] [...]

785 mit Bierdackerln [Beginnt die schwimmenden Sägespäne mit einem Bierdeckel herauszuheben] [...]

786 Sm1: Oh mein Gott du bist so behindert [...]

787 Sm6: Sm7 hol dir auch so einen Bierdeckel wir müssen das alles raussieben [...]

Sm7: Boa ich hab nen Geistesblitz ich hab zwei [schöpfen mit Bierdeckeln die Holzspäne zu zweit aus dem Wasser]

788 aus dem Wasser]

789 Sm6: Boa du hattest wirklich Geistesblitz (---)

790 Sm6: Okay ich schließ das (die Herdplatte) in der Zwischenzeit an

791 Sm1: Den Sand müssen wir aber auch irgendwie rausgriegen

792 **L: Ja den Sand müssts auch noch rausbringen**

793 Sm1: Haben sie ein haben sie ein Filter

794 **L: Ja was brauch ma noch //**

795 Sm1: // ein Kaffeefilter?

796 **L: Ja**

797 Sm6: Dürft ich mir einen da nehmen?

798 **L: Ja draußen** [deutet Richtung Türe]

799 Sm6: Wo denn?

800 **L: im ersten Kasten ist ein Kaffeefilter und ein Filterpapier auch**

801 Sm1: Hol einen Coffeefilter [geht aus der Klasse um die Materialien zu holen] [...]

802
803 **S4_4a_Lv2_Canon_MOV001_33:15_34:37**
804 **L: Okay ah Zeit läuft 10 Minuten noch** [Die Burschengruppe montiert das Filterpapier im Filter] [...]
805 Sm6: Was war jetzt dein Plan überhaupt mit deinem Filter?
806 Sm1: dass wir damit einfach das //
807 **L: // Sm1 warum filterst du das was passiert da?**
808 Sm1: Dann bleibt der Sand da hängen
809 **L: Ja warum?**
810 Sm1: ja::
811 **L: Warum bleibt der Sand da der Sand da drinnen und fließt nicht durch?**
812 Sm1: Ja weil der sich nicht auflöst
813 **L: Was löst sich nicht auf? (--)**
814 Sm1: Ich glaub der ist kaputt da schauen Sie [L nimmt Sm1 den Kaffeefilter aus der Hand und faltet die Ränder]
815 **L: Was löst sich nicht auf?**
816 Sm1: Also weil sich der Sand nicht im Wasser auflöst
817 **L: okay und wieso bleibt er dann im Filter? (-)**
818 Sm1: weil er den Sand abfängt
819 **L: Wieso geht da Sa das Wasser durch?**
820 Sm1: weil das eine kleinere Dichte hat? (-) oder weils //
821 **L: // was ist denn ein Filterpapier? Wie schaut denn ein Filterpapier aus wenn man es unterm Mikroskop aus anschaut?**
822 Sm1: ja:: das hat so Fäden die verwebt sind denk ich mal wahrscheinlich [gestikuliert]
823 **L: okay das bedeutet? was können die Salz die Sandkörner nicht?** [L wendet sich der lauten Schülerinnengruppe im Hintergrund zu und verlässt die Schülergruppe] [Die Burschengruppe verhandelt die Möglichkeiten die Stoffe zu trennen. Intensiver Austausch nur zwischen den SuS ohne L. Akustisch nicht verständlich. Doing inquiry mit Ziel den Auftrag aus eigener Kraft zu schaffen. Ideen werden verhandelt und durchdacht. Eine Idee setzt sich durch und wird durchgeführt]
824
825 **S5_4a_Lv2_Canon_MOV001_35:46_39:11**
826 **L: Ich weiß immer noch nicht warum der Sand in dem Filter drinnen bleibt** [Jetzt wird gefiltert: Das Sand-Salz-Wasser wird durch den Kaffeefilter filtriert, der Sand bleibt im Papier zurück]
827 Sm7: das ist eh gut das das filtert da bleibt der Sand drinnen
828 **L: Ja warum bleibt der Sand drinnen?**
829 Sm7: weils so ist
830 Sm6: weil er nicht raus geht
831 Sm1: weil er schwerer ist
832 Sm6: weil er im Filter ist
833 Sm7: weil er jetzt pickt
834 **L: wenn er schwerer ist müsste er doch durchrutschen oder?**
835 Sm6: Ja eh du dummes Kind also lass es
836 **L: Hm? Ich möchte die Frage beantwortet haben meine Herren!** [höhere Stimmlage]
837 Sm7: Meine Herrn bitte beantworten sie die Frage [ironisch]
838 Sm6: er ist so leicht
839 **L: nein dann würde er oben schwimmen**
840 Sm6: er hat keinen Sauerstoff
841 **L: das ist a Blödsinn wieso kann er nicht //**
842 Sm1: // aber da ist jetzt nur der Sand [deutet auf den Sand im Filterpapier]
843 **L: Was wäre wenn ihr ein ein Sieb genommen hättets wäre es da durchgegangen?**
844 Sm1 + Sm7: ja
845 **L: ok warum gehts durchs Pap durchs Filterpapier nicht durch?**

846 Sm7: weil es nicht durchgehen kann
 847 **L: warum?**
 848 Sm7: weils weils kein Wasser ist
 849 Sm1: weil weil es ist zu groß //
 850 Sm6: // weil es zu flach ist //
 851 Sm7: // Es ist zu breit //
 852 Sm7: // Es ist zu groß //
 853 SmX: // Es ist zu fett
 854 **L: Was ist zu groß?**
 855 SmX: Das Korn, das Sandkorn
 856 **L: Es geht um die Größe**
 857 Sm6: schauen sie schauen sie wie sie uns (???) [Verweist auf eine andere laute Gruppe]
 858 **L: das Sandkorn ist größer als die Poren //**
 859 Sm6: // dürfen sie überhaupt [Verweist auf eine andere laute Gruppe]
 860 **L: hörst du mir zu?** [tippt Sm6 an die Brust]
 861 Sm6: ja::
 862 Sm7: als die Poren des Wassers
 863 **L: nein nicht des Wassers**
 864 Sm7: des des des Dinges
 865 **L: welches Dinges?**
 866 Sm7: des Kaffeepolsters
 867 **L: richtig sag's noch einmal Sm7 (-) sag's noch einmal**
 868 Sm7: die Poren sind größer //
 869 **L: // nein //**
 870 Sm7: // als die des Kaffeepolsters (--) die Poren des Dinges sind größer als
 871 **L: die Poren sind kleiner als?**
 872 Sm7: ah! als die des Kaffeepolsters
 873 **L: nein**
 874 Sm7: dann weiß ich's nicht [geht weg] [L wendet sich auch kurze Zeit ab] [...]
 875 **L: Ich möchte immer noch die richtige Antwort jetzt von dem Filterpapier haben. Sm7 bleib da!**
 876 Sm7: Mit dem Filterpapier [hält das nasse Filterpapier in der Hand]
 877 **L: Ich möchte die Antwort noch einmal haben** [nimmt Sm7 an der Hand]
 878 Sm7: Also das Filter das Ding diese //
 879 Sm8: // Die Löcher//
 880 Sm7: // haben kleiner Poren als das Filterpapier nein als das Wasser als das Filterpapier
 881 Sm8: Als das Sieb
 882 Sm7: Als das Sieb
 883 Sm1: Frau L//
 884 **L: // Also das Filterpapier hat kleinere Löcher als das Sieb und warum bleibt jetzt das da Sand im Filterpapier hängen?**
 885 Sm7: Weil das Wasser
 886 Sm8: Weil es weil es größer ist
 887 Sm7: Weil es schwerer ist
 888 **L: Was ist größer?**
 889 Sm7: Das der Sand
 890 Sm8: Als diese Löcher
 891 **L: Was ist größer?**
 892 Sm7: Na der Dreck da
 893 Sm8: Die Späne
 894 **L: Na der Sand ist größer als die Löcher als die Poren des Filters genau so ist es wunderbar. Das heißt welche Eigenschaft hamma da verwendet?** [klopft auf den Tisch]
 895 Sm1: Von Wasser die Löslichkeit zum Beispiel vom Salz

896 **L: Ja aber jetzt da beim Filter? (-) Welche Eigenschaft ist das?**
 897 Sm1: Ah die die Lösl
L: welche Eigenschaft ist es? (-) Die steht da die Eigenschaft das Wort steht da [L blickt auf das
 898 Arbeitsblatt] (---)
 899 Sm1: Löslich nein Dichte Dichte!
 900 **L: Die Dichte ist dass das Holz schwimmt**
 Sm1: Ah okay (-) Aber jetzts ham wirs auch verwendet oder indem wirs ?dahin geleert? (in den
 901 Filter) ham
 902 Sm8: Die Größe
L: Die Größe richtig. Die Größe der Einzelnen Teilchen sehr gut [L wendet sich von den Schülern
 903 ab]
 904 Sm1: Soll ich das (Plastikgefäß) abwaschn?
 905 **L: Ja bitte** [L wendet sich ab]
 906
S6_4a_Lv2_Canon_MOV001_46:22_48:15_
Audiogerät23_43:31_45:24_Panasonic_00002_00:23_2:16
L: So wie geht's bei euch? [L kommt zu Burschengruppe, die gerade um die Herdplatte mit dem
 908 Kochtopf mit dem Salzwasser steht und dieses erhitzt]
 909 Sm1: Ja es es geht voran sag ma so
 910 **L: sieht man scho was?**
 911 Sm1: ja da so [zeigt in den Kochtopf]
L: Ja da schauts [zeigt auf erste Salzkristalle im Kochtopf] [...] **wenn ihr da am Rand schauts da auf**
 912 **dem weiß. Sm7 schau mal Ähm Sehts ihr das?**
 913 SmAlle: Ja
 914 **L: Dort was trocken ist schauts so trocken aus und da ists schon weiß kristallisiert**
 915 Sm1: Schnee kann auch kristallisieren oder?
L: Das heißt was was habt ihr da jetzt was ist dieser Versuch den ihr da jetzt grad machts wie heißt
 916 **das? Was macht ihr da?**
 917 Sm1: Schau schau jetzt
 918 Sm6: ur geil ur geil
 919 **L: Drehts ihr jetzt ab weil es ist heiß genug was passiert jetzt?**
 920 Sm7: Es kommt Salz raus
 Sm6: Herst ihr müsst auch zu schauen (zu Klasse), Schaut sie schaut sie (zu B) [winkt die restliche
 921 Klasse zu sich]
 922 **L: Was passiert in dem Moment?**
 923 Sm1: Schaut sie wie schnell Schaut sie wie schnell (zu B)
 924 Sm6: Salz wir ham Salz gewonnen
 925 Sm1: Das könnte man vielleicht auch //
 926 Sm6: // das schaut ur geil aus
 927 **L: Bitte? Sm1**
 928 Sm7: Das riecht so das riecht so vanillig
 929 **L: Was heißt was ist jetzt passiert?**
 930 Sm6: Darf ich ein bisserl was davon essen?
 931 **L: Es ist irrsinnig heiß. Wie viel Grad hats?**
 932 Sm7: 1 Grad
 933 Sm1: 250 wahrscheinlich oder 200
 934 **L: Was hast du verwen was ist mit dem Wasser passiert?**
 935 Sm1: Verdampft //
 936 Sm7: // Es hat sich erhitzt
 937 **L: Okay ab wieviel Grad verdampft Wasser? //**
 938 Sm7: // Es ist gasförmig jetzt //
 939 Sm1: // 100 100
 940 **L: ah okay gut kannst du das da rüber tragen und auf den Metalltisch stellen bitte**

Sm1: Wir haben das Salz [trägt den Topf zum Tisch wo die anderen Gruppen sind; Die anderen
941 Gruppen werfen einen Blick auf das Salz] [...]
942 **L: So wer kurz schauen möchte nicht hineingreifen ja!**
943 Sm1: Da könnt's ihr was lernen [zu den anderen Schülerinnen und Schülern]
L: So gut pack ma die Sachn zam Herrschaften Sessel hinein wunderbar gemacht [Anschließend
944 wird die Stunde beendet]

A2: Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit ist der Frage nachgegangen, welche Ziele von einer Lehrerin und SchülerInnen beim LehrerInnen-SchülerInnen-Gespräch (LSG) während des Experimentierens beim Forschenden Lernen erkennbar sind und wie diese verhandelt werden. Zur Untersuchung wurden drei Chemieeinheiten zu unterschiedlichen fachlichen Themen auf Level 1 und Level 2 des Forschenden Lernens herangezogen. Die Themen der Einheiten waren Elektrolyse von Wasser (Level 1), Stofftrennung eines Sand-Salz-Sägespäne-Gemischs und Destillation eines Ethanol-Wasser-Gemischs (beide Level 2) und wurden von einer Lehrerin unterrichtet. Im Zuge des Habilitationsprojekts von Frau Dr. Simone Abels (Abels, 2015b) wurden diese Unterrichtseinheiten mittels Videokameras und Audiogeräten im Chemieunterricht zweier vierten Klassen (8. Schulstufe) in der Lernwerkstatt Donaustadt (Wien) aufgenommen und als Forschungsbasis für diese Diplomarbeit zu Verfügung gestellt. Das Datenmaterial wurde transkribiert und mithilfe der Grounded Theory Methodologie nach Kathy Charmaz (2006) analysiert.

Naturwissenschaftliche Grundbildung spielt in der heutigen Gesellschaft eine immer bedeutendere Rolle, um am modernen Leben teilnehmen zu können. Bei alltäglichen Entscheidungen wird ein gewisses Maß an naturwissenschaftlichem Verständnis benötigt, um diese Entscheidungen bewusst und begründet treffen zu können. Bei naturwissenschaftlicher Bildung geht in diesem Zusammenhang über das bloße Reproduzieren von Fakten hinaus, wie es häufig bei deduktiv-orientiertem Unterricht vermittelt wird (Lembens et al., 2013; Schreiner & Schwantner, 2009).

Forschendes Lernen wird als ein möglicher Weg beschrieben, um von fakten-basiertem zu induktiv-orientiertem Unterricht zu gelangen. Der Ansatz des Forschenden Lernens wird als authentischer, wichtiger und effektiver Weg betrachtet, um Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Inhalte zu vermitteln (AAAS, 1989, 2000; NRC, 1996, 2000). Forschendes Lernen tritt in vier unterschiedlichen Anforderungsniveaus auf und soll Schülerinnen und Schüler zu mehr Eigenverantwortung und begründeten Erklärungen zu Sachverhalten führen (Abrams et al., 2008).

Neben dem Forschenden Lernen stellt die Erläuterung von Experimenten im Chemieunterricht und dem Erscheinungsbild von Gesprächsmustern im Unterricht einen wichtigen Aspekt dieser Arbeit dar, um eine fundierte Basis für diese Forschungsunternehmung zu geben.

Diese Diplomarbeit konnte zeigen, dass zwei wesentliche Ziele bei der Verhandlung im LSG auftreten. Zum einen bildete sich die Kategorie *Negotiating Scientific Content* heraus, bei der es um die Verhandlung von naturwissenschaftlichen Inhalten zwischen der Lehrerin und den Schülerinnen und Schülern geht. Dieser Aspekt wird vor allem von der Lehrerin strukturiert und vorangetrieben. Die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Inhalten steht besonders bei Level 1 des Forschenden Lernens im Fokus. Zum anderen zeigte sich in aktiven Experimentierphasen, dass Tun und Handeln für Schülerinnen und Schüler eine besondere Motivation darstellt. Dieses Erscheinungsmuster wurde in die zweite Hauptkategorie mit dem Namen *Negotiating Experimental Activities* integriert. Diese Form der Verhandlung tritt besonders bei Level 2 des Forschenden Lernens auf und wird von den Schülerinnen und Schülern in unterschiedlichen Erscheinungen gelenkt. Die Macht des Handelns steht für Schülerinnen und Schüler in aktiven Experimentierphasen über der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten.

Durch die vorliegende Diplomarbeit konnte gezeigt werden, wie sich Ziele beim Experimentieren im LSG einer Lehrerin und Schülerinnen und Schülern in Bezug zum Level des Forschenden Lernens unterscheiden. Obwohl beide Seiten einen großen Einfluss auf den Dialog haben können, stehen teilweise unterschiedliche Intentionen und Führungsanteile dahinter. Auf diese unterschiedlichen Ansprüche kann im zukünftigen Unterrichten eingegangen werden, um Forschendes Lernen effektiv im Unterricht einsetzen zu können.

A3: Abstract

This diploma thesis investigates dialogues between a teacher and pupils in the setting of inquiry-based learning. Three different chemistry lessons with 8th grade pupils in a school in Vienna were taken into consideration for the analysis. The topics of the three chemistry lessons are electrolysis of water, distillation of a water-ethanol-mixture and separation of sand-salt-wood shavings-mixture. The first lesson is based on structured inquiry-based learning (Level 1) whereas the second and third lessons are based on guided inquiry-based learning (Level 2). Those lessons were recorded on video tape in the context of the postdoctoral project of Dr. Simone Abels. The collected data was analyzed by applying the Grounded Theory Method by Kathy Charmaz (2006).

A profound science-oriented education takes an important function in today's approaches. Within the daily decision making process an insight into scientific issues is essential. A deductive-oriented teaching states that the mere reproduction of facts is not enough. A thoughtful science education goes beyond this (Lembens et al., 2013; Schreiner & Schwantner, 2009). Inquiry-based learning is seen as an authentic and effective approach to make the understanding of scientific content successful (AAAS, 1989, 2000; NRC, 1996, 2000). Inquiry-based learning occurs in four different levels whereas a variation of the requirement for the pupils is given. This attempt supports autonomy and reasoned explanation of situation of the children.

Beside the Inquiry-based learning approach, the illustration and explanation of experiments during the chemistry lessons play an important role in this thesis. Furthermore, acquiring talking patterns during class is an essential part of the fundamental research.

Within this diploma project it was possible to show two negotiation aims in the conversation of teacher and pupils. For one, the category "Negotiating Scientific Content" evolved, which focuses on the communication of scientific content between teacher and pupils. This aspect is especially promoted by the teacher. The conveyance of scientific knowledge is the base of level 1 in the Inquiry-based learning theory. The second finding states that an active participating during experiments enhances the motivation of students.

This result is categorized under “Negotiating Experimental Activities”. The second level of the inquiry-based learning approach focuses on this category. From a pupil’s perspective, the power to be actively involved in class experiments is at a higher level than the imparting of knowledge.

Differences in the aims in a negotiation between the teacher and the students were worked out through this diploma thesis. These differences occur regarding to the different levels of the inquiry-based learning theory. Even though, both sides have an impact on the communication process, different intensions and parts of leadership of the two parties exist. To these differing interests teachers can respond to during class, to promote and apply inquiry-based learning more effectively.

A4: Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Dominic Klika
Adresse: Rösslergasse 4/1/11, 1230 Wien
Staatsbürgerschaft: Österreich
Email: dominic_klika@hotmail.com
Geburtsdatum: 26.10.1990
Familienstand: ledig

Ausbildung

Seit Frühjahr 2015:	Diplomarbeit im fachdidaktischen Bereich Chemie, Arbeitstitel: „Auf welche Weise bildet sich fachliches Lernen im Kontext des Forschenden Lernens ab? – Eine Videoanalyse“; Porzellangasse 4, 1090 Wien
Seit Oktober 2011:	Lehramtsstudium Chemie und Geschichte, Sozialkunde und Politische Bildung; Universität Wien
Seit Oktober 2010:	Lehramtsstudium Mathematik und Chemie (2012 stillgelegt); Universität Wien
Juni 2009:	AHS Matura mit ausgezeichnetem Erfolg, in den Fächern M, D, E (schriftlich), M, E, Ch (mündlich), Fachbereichsarbeit aus Chemie (Titel: Vitamine und Mineralstoffe), GRg 23 Vienna Bilingual Schooling; Draschestraße 90-92, 1230 Wien
September 2005 – Juni 2009:	AHS Modulare-Oberstufe, Schwerpunkte: Naturwissenschaften und Persönlichkeitsbildung, GRg 23 Vienna Bilingual Schooling; Draschestraße 90-92, 1230 Wien
September 2000 – Juni 2005:	AHS Unterstufe, GRg 23 Vienna Bilingual Schooling; Draschestraße 90-92, 1230 Wien
September 1996 – Juni 2000:	Volksschule; Carl-Prohaska-Platz 1, 1100 Wien

Beruflicher Werdegang

Seit September 2015	Lehrer am BG Zehnergasse 15, 2700 Wiener Neustadt (Fach: Chemie)
Seit September 2013	Nachhilfe in Mathematik und Chemie (alle Klassen und Schultypen auf Maturaniveau)
Juli 2010 – August 2015	Teilzeit Beschäftigung bei Wallner & Grausenburger OEG (Verkäufer); Haböckgasse 5, 1230 Wien
Oktober 2009 – Juni 2010:	Zivildienst bei Wiener Rotes Kreuz (Rettungssanitäter); Nottendorfergasse 21, 1030 Wien
August 2006, August 2007 und Juli 2008	Ferialpraktikum bei Wirtschaftskammer Österreich, Fachverband Maschinen und Metallwaren; Wiedner Hauptstraße 63, 1040 Wien
Oktober 2005 – Frühjahr 2011	Kellner bei Weinbau Radl; Hauptstraße 17, 2482 Münchendorf

Publikationen

Klika, D. & Abels, S. (submitted). Scaffolding guided inquiry-based chemistry education at an inclusive school. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2015 Conference: Science Education Research: Engaging learners for a sustainable future*. Helsinki, Finland: European Science Education Research Association.

Fähigkeiten und Kompetenzen

Muttersprache:	Deutsch
Fremdsprachenkenntnisse:	Englisch (C1) Spanisch (A1)
Computerkenntnisse:	ECDL (Europäischer Computerführerschein), sehr gute MS Office Anwendungskenntnisse, Windows 10
Führerschein:	A, B