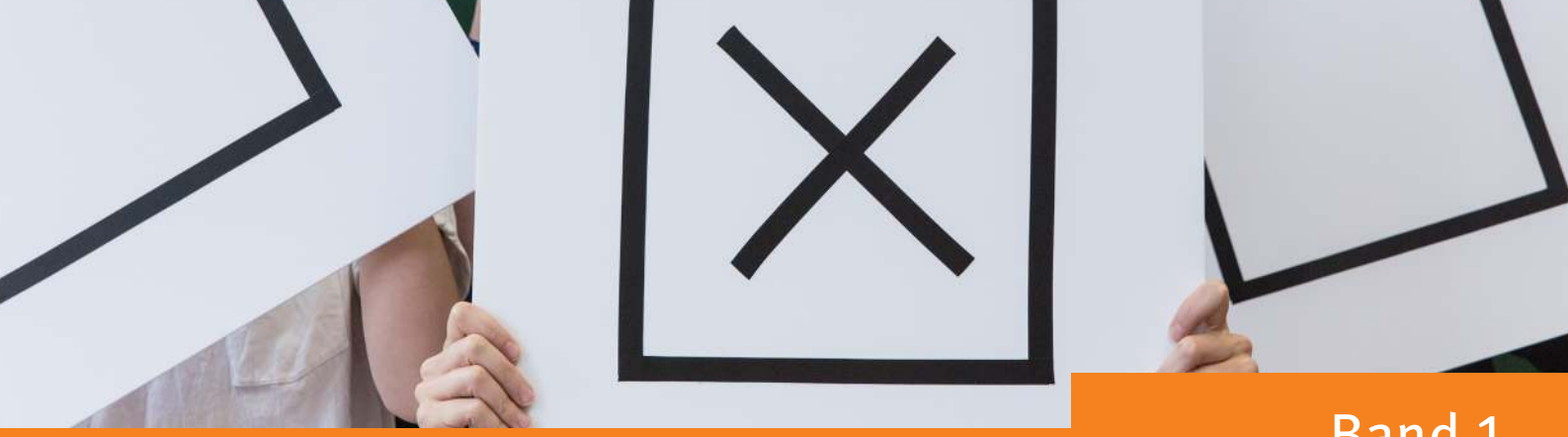


Band 1

Lernen in Naturwissenschaften

verstehen und entwickeln

A. Marohn (Hrsg.)

Maria Egbers

Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice²learn

λογος

Lernen in Naturwissenschaften

Band 1

Lernen in Naturwissenschaften

Band 1

Herausgegeben von

Prof. Dr. Annette Marohn

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie

Maria Egbers

Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice²learn

Logos Verlag Berlin

λογος

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Umschlagfoto: © Jens Wenzel

© Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2017

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-4510-9
ISSN 2566-493X

Logos Verlag Berlin GmbH
Comeniushof, Gubener Str. 47,
10243 Berlin - Germany

Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90
Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92
http://www.logos-verlag.de

Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice^{2}learn“

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
des Doktors in Erziehungswissenschaften
an der Westfälischen Wilhelms-Universität
Münster

Vorgelegt von:
Maria Egbers
Thuine

2015

---

1. Gutachterin: Prof. Dr. Annette Marohn
2. Gutachter: Prof. Dr. Sascha Schanze
Tag der mündlichen Prüfung: 26.07.2016

Ich glaube, das Ziel ist hier, dass man sich nicht verwirren lässt, sondern dass man versucht, einen kühlen Kopf zu bewahren und alles logisch nachzuvollziehen. Das ist halt so, ich glaube, so forscht man, man findet ja nicht direkt auf Anhieb die Lösung, man geht verschiedene Wege, um irgendetwas herauszufinden.

Schüler aus dem Projekt

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Untersuchung von Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozessen, die im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice^{2}learn (z. B. Marohn 2008a) auftreten. Ausgangspunkt der Entwicklung der Unterrichtskonzeption ist das Phänomen der stabilen und häufig auftretenden Schülervorstellungen zu elementaren Themen der Mittelstufe wie dem Verdampfen, die - trotz unterrichtlicher Thematisierung - bis in die Oberstufe präsent sind. Die Hauptintentionen der Unterrichtskonzeption sind es daher, Veränderungen von wissenschaftlich nicht anerkannten Schülervorstellungen zu initiieren sowie Schüler zum Argumentieren anzuregen. Beide Ziele lassen sich über den Aspekt des *arguing to learn* (Andriessen 2006) verbinden, da gerade das mit der Diskussion häufig einhergehende Reflektieren eigener und fremder Vorstellungen eine Entwicklung der stabilen und häufigen alternativen Schülervorstellungen anregen kann.
Nach Beschreibung der empirisch gesicherten Entwicklung der Unterrichtsmaterialien folgt der empirische Teil der Arbeit in Form einer Fallstudie. Methodisch ist diese angelehnt an das *case study reseach design* nach Yin (2009): Über eine Ideallösung sowie über ein anhand der Forschungsliteratur abgeleitetes Vorhersagesystem wird die theoretische Basis gelegt, mit der die erhobenen Daten strukturiert verglichen werden. Das zu untersuchende Phänomen sind die Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse in zehn Kleingruppen, die mittels Video- und Audiographie gesichert wurden. Um neben der *Beschreibung* der ablaufenden Prozesse während der Kleingruppenarbeiten im weiteren Schritt *explanative Aussagen* über hohen bzw. weniger hohen Lernerfolg tätigen zu können, wurden neben den Videos zusätzlich Daten zu aktueller Motivation und kognitiven Fähigkeiten erhoben, ein Reflexionsbogen eingesetzt sowie anhand eines Follow-up-Tests die Nachhaltigkeit einer möglichen Konzeptentwicklung geprüft. In einer Ergänzungsstudie wurden weiterhin über zwei offene, schriftliche Fragen zum Wesen der Naturwissenschaften (NOS) mögliche Konzeptentwicklungen zu NOS untersucht.
Über die Beschreibungen der *Konzeptentwicklungsprozesse* werden verschiedene Lernwege deutlich. Den Schülern gelingt es zumeist, die der Ideallösung entsprechenden Argumentationen zu entwickeln, welche die fachlich nicht anerkannten Schülervorstellungen widerlegen, und dabei ihr eigenes Wissen bzw. ihre Wissensänderung zu reflektieren. Die veränderten Vorstellungen zeigten sich auch in einem Follow-up-Test, sodass von einer nachhaltigen Konzeptentwicklung ausgegangen werden kann.
Die *Gesprächsprozesse* während der Kleingruppenarbeiten waren geprägt von Bezügen der Schüler aufeinander: Den Schülern gelingt es, aufeinander einzugehen und ihre Thesen zumeist fachlich anerkannt zu stützen. Dabei verlaufen die Gespräche gleichberechtigt und werden nicht von einem Schüler dominiert.
Erfolgreiche Schülergruppen in Bezug auf die Konzeptentwicklung zeichnen sich im Gespräch durch viele gemeinsame Erarbeitungen und Formulierungen sowie durch einen hohen Anteil interpretativer Gesprächsabschnitte aus. Über diese Faktoren können auch

vergleichsweise geringe kognitive Leistungsfähigkeiten ausgeglichen werden. Liegen nur durchschnittlich viele interpretative Gesprächsanteile vor, so kann eine erfolgreiche Konzeptentwicklung gelingen, wenn positive Faktoren wie eine hohe Motivation oder eine hohe kognitive Leistungsfähigkeit vorliegen. Demgegenüber zeichnen sich weniger erfolgreich lernende Gruppen trotz hoher Motivation und hoher kognitiver Leistungsfähigkeit im Gespräch durch geringe interpretative Anteile aus.

Die ausführlichen Beschreibungen von Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozessen sowie die explanativen Aussagen über die die Konzeptentwicklungsprozesse beeinflussenden Faktoren dienen als Grundlage für weitere Studien, in denen Zusammenhänge von Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozessen analysiert sowie unter Einbezug weiterer Einflussfaktoren untersucht werden können.

Danksagung

Im Laufe der letzten Jahre haben mich viele Menschen begleitet, die alle ihren Anteil am Entstehen der vorliegenden Arbeit hatten.

An erster Stelle gilt mein Dank meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. Annette Marohn für die Betreuung der Arbeit und die Übernahme des Erstgutachtens. Die Promotionszeit war geprägt von fachlichen Diskussionen sowie von persönlichen Gesprächen. Ich danke dir für den Freiraum und die Zeit, die ich benötigte, um die Arbeit fertigzustellen, und gleichzeitig für das Wissen, in dir konstruktiven Rückhalt und stetige Unterstützung zu haben. Danke für die kluge und warmherzige Begleitung.

Herrn Prof. Dr. Sascha Schanze danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens sowie das Interesse, mit der er die Entwicklung der Arbeit von Beginn an verfolgte.

Herrn Prof. Dr. Jens Bölte und Herrn Prof. Dr. Zeinz danke ich für die Teilnahme an der Prüfungskommission als Prüfer der Nebenfächer Psychologie bzw. Pädagogik.

Ich bedanke mich ganz herzlich bei den Hauptpersonen der Studie, bei den vielen Schülern. Liebe Schüler, ihr habt großartig mitgearbeitet, ohne euch wäre die Arbeit nicht möglich gewesen! Gleichzeitig danke ich für das entgegengebrachte Vertrauen und Interesse den Lehrkräften Herrn Matthias Fiele, Herrn Christoph Hartmann, Frau Elke Höflich, Frau Dorle Jung, Herrn Michael Schulze, Frau Petra Schütte, Herrn Heiko Lewanzik, Herrn Ingo Marohn, Herrn Frank Nerowski, Frau Susanne Sauerbrey und Frau Monika Voß.

Ich bedanke mich ganz herzlich bei allen Kollegen in Köln und Münster. Es ist ein großes Glück, mit so freundlichen und hilfsbereiten Kollegen arbeiten zu dürfen. Ein großer Dank gilt auch Anna Abschlag, Kathrin Wischerath und allen studentischen Hilfskräften, die die Arbeit tatkräftig unterstützt und mit großem Interesse verfolgt haben.

Ein persönlicher Dank gilt den lieben Kollegen Katharina Groß, Andrea Schumacher, Friederike Rohrbach, Florian Jungkamp, Lisa Rott, Felicitas Jürgensmeier und Stefan Stucky. Ich danke euch für die vielen konstruktiven fachlichen Gespräche und das für mich so wertvolle persönliche Miteinander.

Weiterhin gilt mein Dank meiner lieben Freundin Sarah Hundertmark für die Unterstützung in der Methodik der Studie und für die vielen schönen gemeinsamen Tagungen. Lisa Rott und meiner Mutter Regina Egbers danke ich ganz herzlich für die Übernahme der Korrektur der Arbeit.

Sehr persönlicher Dank gilt meinen Eltern sowie meinen Brüdern, meinen engsten Freundinnen sowie im Besonderen David. Es ist etwas Besonderes, zu wissen, dass man sich auf so wundervolle Menschen verlassen kann!

1 Einleitung **1**

2 Theoretischer Hintergrund **5**

2.1 Grundlagen des Lernens 5

2.1.1 Konstruktivismus als Lehr-Lern-Paradigma 5

2.1.2 Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht 7

2.1.3 Lernen als Konzeptentwicklung 10

2.1.4 Rolle des kognitiven Konfliktes im Konzeptentwicklungsprozess 16

2.1.5 Zwischenfazit 18

2.2 Schülervorstellungen zum Lösen, Verdampfen und zum Wesen der Naturwissenschaften 20

2.2.1 Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang 20

2.2.2 Schülervorstellungen zum Lösevorgang 25

2.2.3 Schülervorstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften 28

2.3 Kommunikation und Argumentation 32

2.3.1 Kommunikative Aspekte 33

2.3.2 Argumentative Aspekte 35

2.3.3 Modelle zur Beschreibung von Argumentationen 40

2.3.4 Zwischenfazit zu Kommunikation und Argumentation 44

2.4 Argumentative Gespräche im Chemieunterricht 46

2.4.1 Argumentative Kompetenzen in den Bildungsstandards 46

2.4.2 Gespräche im Klassenverband 47

2.4.3 Interaktion und Kommunikation in kollaborativen Kleingruppen 48

2.4.4 Zusammenhang von argumentativen Gesprächen und Konzeptentwicklung 52

2.4.5 Zwischenfazit zu argumentativen Gesprächen im Chemieunterricht 55

3 Die Unterrichtskonzeption choice2learn **57**

4 Entwicklung des Lernmaterials **61**

4.1 Methodisches Vorgehen 61

4.2 Lernmaterial 62

4.2.1 Verdunsten von Eugenol 62

4.2.2 Lösen von Decan in Cyclodecan 76

5 Methodik **89**

5.1 Fallstudiendesign nach Yin 89

5.2 Hauptstudie 99

5.2.1 Forschungsdesign 99

5.2.2 Forschungsfragen 101

5.2.3 Zeitlicher Ablauf einer Datenerhebung 105

5.2.4 Eingesetzte Instrumente 107

5.2.5 Datenaufbereitung 112

5.3 Ergänzungsstudie 129

5.3.1 Design 129

5.3.2 Forschungsfragen 129
5.3.3 Zeitlicher Ablauf einer Datenerhebung 130
5.3.4 Eingesetzte Instrumente 130
5.3.5 Datenaufbereitung 131
5.4 Zur Güte des Designs und der Daten 132

6 Ergebnisse und Diskussion der Hauptstudie 135

6.1 Konzeptentwicklung des Fachwissens 135
6.1.1 Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang 135
6.1.2 Fazit zu „Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang“ 141
6.1.3 Veränderung von Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang 142
6.1.4 Fazit zu „Veränderung von Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang“ 196
6.1.5 Umgang mit anormalen Daten 199
6.1.6 Fazit zu „Umgang mit anormalen Daten“ 217
6.2 Nachhaltigkeit einer Konzeptentwicklung 221
6.2.1 Vorstellungen im Follow-up-Test 221
6.2.2 Fazit zu „Nachhaltigkeit einer Konzeptentwicklung“ 228
6.3 Schülervorstellungen und Bezüge zu NOS 229
6.4 Gesprächsprozesse 232
6.4.1 Gesprächsanteile 232
6.4.2 Fazit zu „Gesprächsanteile“ 241
6.4.3 Gesprächsmuster kollaborativer Argumentationen 242
6.4.4 Fazit zu „Gesprächsmuster kollaborativer Argumentationen“ 282
6.5 Mögliche bedingende Faktoren der Konzeptentwicklung 290
6.5.1 Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse 290
6.5.2 Fazit zu „Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse“ 298
6.5.3 Konzeptentwicklung und Kollaboration 299
6.5.4 Fazit zu „ Konzeptentwicklung und Kollaboration“ 302
6.5.5 Konzeptentwicklung und Gruppenzusammensetzung 302
6.5.6 Fazit zu „Konzeptentwicklung und Gruppenzusammensetzung“ 304
6.5.7 Konzeptentwicklung und Motivation 304
6.5.8 Fazit zu „Konzeptentwicklung und Motivation“ 311
6.5.9 Konzeptentwicklung und Schulnoten 312
6.5.10 Fazit zu „Konzeptentwicklung und Schulnoten“ 315
6.5.11 Konzeptentwicklung und kognitive Fähigkeiten 315
6.5.12 Fazit zu „Konzeptentwicklung und kognitive Fähigkeiten“ 318
6.6 Zur Güte der Ergebnisse 318

7 Ergebnisse und Diskussion der Ergänzungsstudie 323

7.1 Schülervorstellungen zu NOS 323
7.1.1 Zu Beginn bestehende Schülervorstellungen zu NOS 323

7.1.2 Fazit zu „Zu Beginn bestehende Schülervorstellungen zu NOS“ 327
7.2 Veränderung von Schülervorstellungen zu NOS 328
7.2.1 Vergleich der Schülervorstellungen vor und nach der Konzeption 328
7.2.2 Fazit zu „Vergleich der Schülervorstellungen vor und nach der Konzeption“ 350
7.3 Zur Güte der Ergebnisse 352

8 Zusammenfassung und Ausblick 353
8.1 Zusammenfassung 353
8.1.1 Konzeptioneller Teil 353
8.1.2 Empirischer Teil 354
8.2 Grenzen und Implikationen für zukünftige Studien 370
8.3 Beitrag zur fachdidaktischen Forschung und zur schulischen Praxis 371

9 Verzeichnisse 373
9.1 Literaturverzeichnis 373
9.2 Abkürzungsverzeichnis 395
9.3 Abbildungsverzeichnis 396
9.4 Tabellenverzeichnis 398

Anhang 403
Anhang A: Lernmaterial 404
Anhang B: Interviewleitfaden 418
Anhang C: Kodierleitfäden 420
Anhang D: Feedback aus dem Reflexionsbogen 454
Anhang E: Beispiele aus Transkripten und Kodiersystemen 458

1 Einleitung

> *„Ich hab [ausgewählt], dass die Abstände größer werden zwischen den Atomen. Deswegen breitet sich das ja aus, wegen der Wärme, das haben wir ja schon gelernt. (EE129*
>
> *„Ich habe gedacht, dass sich das spaltet, [damit] der Duft, sag ich mal, weiter transportiert wird.“ (C105)*
>
> *„Ich hatte den Gedanken, dass es mit Sauerstoff reagiert [..] und sich dann im Raum verteilt.“ (NH77) „Sozusagen von dem Sauerstoff in den Raum getragen wird.“ (AE31)*

Diese Zitate beschreiben beispielhaft die differenten Vorstellungen von Schülern[1] aus der gymnasialen Oberstufe zu dem vermeintlich einfachen Thema des Verdampfens. Solche Vorstellungen, die nicht mit den wissenschaftlichen Konzepten übereinstimmen, werden als Schülervorstellungen bezeichnet. Die letzten Jahrzehnte der chemiedidaktischen Forschung waren unter anderem geprägt von Erhebungen von und Diskussionen zu Schülervorstellungen. Einig ist sich die Gemeinschaft der Naturwissenschaftsdidaktiker, dass Schülervorstellungen im Unterricht thematisiert werden müssen. Über diesen Weg soll es Schülern ermöglicht werden, die nicht anerkannten Konzepte hin zu anerkanntem Wissen zu verändern, und damit gleichzeitig die Basis für folgende Lernprozesse zu legen. Eine Konzeptentwicklung stellt sich jedoch als schwierig zu initiieren dar, da die Vorstellungen sich für den Lerner über lange Zeit als logisch und viabel erwiesen haben und daher als stabil gelten. Für die Veränderung von Vorstellungen wurden von der Konzeptentwicklungs- sowie der Lehr-Lernforschung verschiedene Kriterien generiert: So gelten beispielsweise das Erleben von kognitiven Konflikten (Posner et al. 1982) oder auch das Diskutieren mit Mitschülern (Andriessen 2006) als mögliche hilfreiche Faktoren. Fakt ist jedoch, dass zumindest deutsche Physiklehrer nicht mit dem theoretischen Hintergrund der Konzeptentwicklung vertraut sind (Widodo, Duit & Müller 2003) und entsprechend auch keine Konzeptentwicklungsstrategien anwenden (Duit & Treagust 2003). Die von den Wissenschaftlern erarbeiteten Kriterien finden hier somit keine Anwendung. Mit der Entwicklung der Unterrichtskonzeption choice^{2}learn (Marohn 2008b) soll diese Lücke zwischen Wissenschaft und Praxis geschlossen werden und den Lehrern eine Möglichkeit gegeben werden, anhand ausgearbeiteter Materialien zu grundlegenden Themen des Chemieunterrichts Schülern zu ermöglichen, ihre nicht anerkannten Vorstellungen zu verändern. Die vorliegende Arbeit soll damit einen Beitrag leisten, das von Duit & Treagust (2003) benannte Paradox der immer größer werdenden Lücke zwischen dem, was Wissenschaftler verlangen, und dem, was Lehrer praktisch umsetzen (können), beispiel-

1 Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit die männliche Form einer Person verwendet. Die Bezeichnungen referieren auf den Status einer Person und seien in generischer Form gelesen.

haft zu lösen. In einem ersten Schritt wurden daher Lernmaterialien konzipiert und im zyklischen Verfahren erprobt und weiterentwickelt. Angesprochen werden *elementare* Schülervorstellungen, das heißt, Schülervorstellungen, die häufig auftreten und stabil sind, die sich in verschiedenen Kontexten zeigen sowie für das Verstehen lebensweltlicher Prozesse von Bedeutung sind (Marohn 2008a). Entsprechend richtet sich die Konzeption primär an Schüler der Oberstufe und thematisiert Schülervorstellungen, die (fast) bis zum Ende der Schulzeit überdauert haben.

Dass Schülervorstellungen überhaupt verändert werden können, zeigte sich bereits in quantitativen Studien im Prä-Post-Design. Noch offen sind jedoch qualitative Fragen zu Konzeptentwicklungs*prozessen* - also Lernwegen -, zur Gestaltung von Unterstützungsangeboten oder zur Interaktion während eines Konzeptentwicklungsprozesses (vgl. auch von Aufschnaiter 2005). An dieser Stelle setzt diese Arbeit an, in der konkret folgende Frage untersucht werden soll:

> *Wie verlaufen Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice²learn?*

Unterteilt ist sie in zwei Fallstudien, von denen die erste auf Gesprächsprozesse und Konzeptentwicklungsprozesse in Bezug auf Fachwissen fokussiert, während sich die zweite auf Konzeptentwicklungen in Bezug auf das Wesen der Naturwissenschaften bezieht. Die parallele Analyse aus Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozessen in der Hauptstudie entspricht den zwei primären Zielen der Unterrichtskonzeption, Konzeptentwicklungen zu initiieren und Gesprächs- bzw. Argumentationsprozesse anzuregen. Diese Analyse der Gesprächsprozesse kann über (mindestens) zwei Wege legitimiert werden: Zum einen spielen Gespräche als Form der Interaktion eine Rolle im gemeinsamen Lernprozess, denn gerade über das gemeinsame Argumentieren und Aushandeln werden Vorstellungen bewusst gemacht, hinterfragt und unter Umständen verändert. Bekannt ist dieses Phänomen unter dem Stichwort *arguing to learn* (Andriessen 2006). Mit diesem Aspekt des *arguing to learn* einhergehend und damit gleichzeitig die zweite Legitimation ist die Forderung, in der schulischen Lehre über reines Faktenlernen hinauszugehen und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise zu vermitteln, die auch geprägt sind von argumentativen Gesprächen:

> *[..] claims are seen to be grounded through processes of argumentation, where the function of argument is to construct plausible links between the imaginative conjectures of scientists and the available evidence. (Driver, Newton & Osborne 1999, S. 555)*

Diese Forderung spiegelt sich auch in den Vorgaben der Kultusministerkonferenz wider, in denen die Fähigkeit gefordert wird, Schlussfolgerungen zu ziehen, diese argumentativ darzulegen und und aus verschiedenen möglichen Standpunkten auf Basis rationaler Entscheidungen eine eigene Meinung wählen und vertreten zu können (MSW NRW 2013, S. 11, S. 28). Entsprechend liegt hier der Fokus auf der Intention, Schüler in einer evidenzbasierten Begründung von Thesen und Fakten zu fördern.

Nach einer Beschreibung der Prozesse wird in der Hauptstudie in einem weiteren Schritt versucht, über Einbezug weiterer Daten sowie Vergleiche von Extremgruppen Faktoren für eine hohe oder weniger hohe Konzeptentwicklung zu generieren. Dabei liegt besonderer Fokus auf dem Zusammenhang von argumentativen Gesprächen und Lernprozessen.

Die zweite Fallstudie - als Ergänzungsstudie bezeichnet und im Rahmen dieser Arbeit weitaus weniger gewichtet -, die sich erst im Rahmen der Pilotierung der Hauptstudie ergab, untersucht Konzeptentwicklungen in Bezug auf das Wesen der Naturwissenschaften. Auch diese Thematik ist sowohl über naturwissenschaftsdidaktische Forschung als auch über die Forderungen des Landes NRW zu legitimieren: Neben dem *Was* der Naturwissenschaften, also dem Fachwissen, soll auch das *Wie* vermittelt werden, so zum Beispiel: Wie gelangt man zu Erkenntnissen und wie kann man sich derer sicher sein? (AAAS 1993; MSK NRW 2013)

Die Arbeit gliedert sich zusammengefasst wie folgt:

In *Kapitel 2* wird die theoretische Basis für beide Fallstudien gelegt. Der Fokus liegt hier zum einen auf Schülervorstellungen und Konzeptentwicklungen, zum anderen auf Gesprächs- und Argumentationsprozessen. Basierend auf den Erkenntnissen zu Konzeptentwicklungen werden in *Kapitel 3* die Konzeption choice^{2}learn sowie in *Kapitel 4* ausführlich die zyklische Konzeption des entsprechenden Lernmaterials beschrieben. *Kapitel 5* widmet sich der Beschreibung der Methodik, die sich am Design der *case study research method* nach Yin (2009) orientiert. Nach theoretischer Einführung folgt eine Beschreibung der Adaption sowie der Aufbereitung der Daten. Einen besonderen Stellenwert hat das Unterkapitel der Forschungsfragen: Hier werden aus der Literatur (Kap. 2) abgeleitete Thesen in Form eines Vorhersagesystems gelistet. Diese dienen der strukturierten Analyse sowie dem Vergleich aus gewonnen Daten und bestehenden Erkenntnissen. Die gewonnen Erkenntnisse werden für Haupt- und Ergänzungsstudie in den *Kapiteln 6* bzw. *7* dargestellt und diskutiert. *Kapitel 8* fasst die Ergebnisse beider Fallstudien unter Beachtung der Implikationen für Forschung und Schulpraxis zusammen und bietet eine Ausblick auf mögliche folgende Studien.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Grundlagen des Lernens

How can you not know? I just told you!

(Big Bang Theory; Sheldon zu Penny)

Vermutlich haben viele diese Frage bzw. den impliziten Vorwurf schon einmal im Leben gehört. Wie kann man etwas nicht wissen, das einem gerade - vermeintlich gut - erklärt wurde? Eine Antwort geben Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1997):

> *[...] an explanation does not 'transfer' an idea - it provides material on which to work to make an idea ... [because] ... all meanings are made from other meanings, in the end being grounded in meaningful action in the world. (S. 15)*

Damit treffen sie den Kern des Konstruktivismus, der, ausgehend von seiner ursprünglichen Bedeutung als Erkenntnistheorie, seinen Weg in die Naturwissenschaftsdidaktiken gefunden hat. Im Folgenden sollen in Kürze verschiedene Zweige des Konstruktivismus dargestellt sowie die daraus entstandenen Theorien zu Schülervorstellungen und Konzeptentwicklungsmodellen erläutert werden.

2.1.1 Konstruktivismus als Lehr-Lern-Paradigma

„Wie wirklich ist die Wirklichkeit?" (vgl. gleichnamiges Buch von Watzlawick 2005) Dieses ist die basale Frage des Konstruktivismus in seinem Ursprung als Erkenntnistheorie. Anders als der naive Realismus, der von einer originalgetreuen Abbildung der Realität in der menschlichen Vorstellung ausgeht, wird im Konstruktivismus die Ansicht vertreten, dass die Realität objektiv nicht erfahrbar ist (Büttner 2006). Ausgehend von dieser grundlegenden Frage differenzieren sich verschiedene Zweige, beispielsweise der radikale Konstruktivismus (von Glasersfeld 1995), der soziale Konstruktivismus (Vygotsky 1978; Siebert 1999) sowie verschiedene konstruktivistisch orientierte Lerntheorien.
Der *radikale Konstruktivismus* wird meist mit von Glasersfeld assoziiert (z. B. von Glasersfeld 1993). Er konstatiert die Unmöglichkeit des Menschen, eine äußere Wirklichkeit zu erkennen, ohne jedoch im Solipsismus zu enden:

> *Constructivism is a set of beliefs about knowledge that begins with assumption that reality exists but cannot be known as a set of thruth. (Tobin, Tippins & Gallard 1994, S. 47)*

Die Validierung des menschlichen Wissens geschieht nicht durch Abgleich mit der Realität, sondern durch den Grad der Passung dieses Wissens zu der eigenen Erfahrung. Diese Annahmen gelten sowohl für die individuellen Vorstellungen jedes Menschen als auch für

die Erkenntnisse in den Naturwissenschaften (Burger 2000). Die Naturwissenschaftsdidaktik bedient sich dieser Theorie und legt dabei den Fokus auf die individuelle Selbstkontrolle sowie den Aufbau konzeptueller Strukturen des Menschen, zusammengefasst also auf kognitive Prozesse (Fetherston 1999).

Der Fokus des *sozialen Konstruktivismus* ist die soziale und kulturelle Verortung des Wissens (Fetherston 1999). Die Interaktion in sozialen Kontexten sowie die Annahme von sozial konstruiertem Wissen werden als Basis für den Wissenserwerb angenommen (Vygotsky 1978; Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott 1994; Mason 1998). Sowohl Psychologen als auch Linguisten geben in diesem Ansatz der Sprache die zentrale Rolle in der menschlichen Entwicklung und der Konstruktion von Bedeutungen und damit von Wissen (Vygotsky 1978; Halliday 1993). Sprache gilt als Medium, das sowohl Denken (als Kommunikation mit sich selbst) als auch Kommunikation zwischen Personen ermöglicht (Wittgenstein 1960). „Gemeinsames“ Wissen, welches der radikale Konstruktivismus leugnet, ist demnach insofern proklamierbar, als dass das Wissen auf der Basis gemeinsamer Interaktion und sozialer Aushandlung beruht. Somit besitzt es synreferentiellen Charakter und wird eher als soziale geteilte denn als individuelle Erfahrung angesehen (Doolittle & Gamp 1999).

So verschieden die einzelnen Zweige des Konstruktivismus auch sind, allgemein akzeptiert wird, dass die äußere Realität nicht direkt, sondern nur als eine durch „unsere Sinne ‚gefilterte´“ zugänglich ist (Richter 2007, S. 497). Flick (2000) sieht neben den Sinnesorganen Gehirnstruktur, Emotionalität und Sozialität als Zugangsfilter zur Realität.

Die beschriebenen Annahmen wurden von der im Folgenden als *pragmatischer* oder *moderater Konstruktivismus* bezeichneten Theorie übernommen (z. B. Gerstenmeier & Mandl 1995; Riemeier 2007). Weiterhin ist er von Systemtheorie und Neurobiologie beeinflusst (Terhart 1999).[2] Er fungiert weniger als Erkenntnistheorie, sondern geht der Frage nach, wie Wissen entsteht bzw. wie sich bestehendes Wissen verändert (Riemeier 2007). Häufig wird daher auch vom Konstruktivismus als Lehr-Lern-Paradigma gesprochen. Der grundlegende Gedanke hier ist, dass Wissen nicht von außen aufgenommen oder von Person zu Person übertragen werden kann, sondern dass es aktiv konstruiert wird. Über Lerner und Lernprozess heißt es:

> *Der aktive, selbstgesteuerte und selbstreflexive Lerner steht im Mittelpunkt und die idiosynkratischen Konstruktionsprozesse sind immer eingebunden in einen bestimmten sozialen Kontext. (Duit 1996, S. 147)*

2 Terhart (1999) sieht im pragmatischen Konstruktivismus - dort als „konstruktivistische Didaktik“ bezeichnet (S. 630) - keine in sich geschlossene neue Theorie der allgemeinen Didaktik, sondern in der Theorie eher eine Ansammlung in sich nicht immer kompatibler „Versatzstücke“ (S. 644). Auf die Praxis angewendet, geht er einen Schritt weiter und beschreibt die konstruktivistische Didaktik als eine „aller Inhaltlichkeit weitgehend entkernte Prozeß-Didaktik (und damit einer Methodik?)“ (S. 643). Die Theorie der konstruktivistischen Didaktik diene jedoch dazu, bekannte Probleme des „Instruktivismus“ (S. 645) zu thematisieren und reformpädagogische Überlegungen neu zu begründen. Für eine weitere Diskussion dieses Thema in Kürze sei auf Kapitel 2.1.4 verwiesen, für eine ausführliche Diskussion z. B. auf Kuhl (1993), Diesbergen (1998) und Tobin (1993).

Somit werden sowohl individuelle Aspekte eines Lerners als auch der soziale Kontext berücksichtigt. Bedeutsam an dem Begriff der Idiosynkratie ist die Implikation, dass Wissen stets eigentümlich ist und auf bestehenden Wissensstrukturen basiert. In Lernprozessen wird Wissen daher nicht separat angeeignet, sondern stets im Kontext des bereits Erlernten gedeutet und gespeichert. Zusammengefasst gelten für den Lerner bzw. Lernprozess folgende Charakteristika:

- Der Lernprozess ist ein individueller Prozess und somit auch an affektive und emotionale Bedingungen geknüpft (Riemeier 2007).
- Der Lernprozess findet in sozialer Interaktion statt; Ideen werden hier „kommuniziert, ausgehandelt, getestet und geteilt“ (Riemeier 2007, S. 71).
- Der Lernprozess ist situiert; somit ist das erlangte Wissen mit inhaltlichen, sozialen und emotionalen Komponenten und Erfahrungen der jeweiligen Lernsituation verbunden (Riemeier 2007).

Die dargestellten Erkenntnisse wirken sich ebenfalls auf die Bedeutung von Instruktionen im Unterricht aus:

- Der Lernprozess ist ein aktiver und selbstgesteuerter Prozess. Das heißt, der Schüler selbst ist verantwortlich für das Lernen, während der Lehrer lediglich Lernprozesse unterstützen und fördern kann.
- Der Lernprozess findet auf der Basis bestehender Wissensstrukturen statt. Daher muss dieses bestehende Wissen berücksichtigt werden.
- Schüler konstruieren eigene Interpretationen und Deutungen von kulturell vermitteltem Wissen, Beobachtungen und Erfahrungen. Daher kann das Wissen des Schülers nicht exakt dem des Lehrers entsprechen (Beerenwinkel 2007).

Aus diesen Erkenntnissen leitet sich eine verändert Lehrerrolle sowie die Forderung eines (Chemie-)Unterrichts ab, der den Schüler in den Fokus setzt. Die traditionelle Sicht auf einen Lehrer als *Erklärer* ist nicht mehr haltbar. Die Aufgabe des Lehrers ist es stattdessen, Schülern zu helfen, auf Basis ihres Vorwissens, Interesses, ihrer Überzeugungen etc. aktiv wissenschaftlich anerkannte Konzepte zu bilden.

2.1.2 Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Wird der Lerner als aktiver Konstrukteur des eigenen Wissens gesehen, folgt daraus, dass das Wissen nicht den wissenschaftlichen Kriterien von *anerkannt* oder *nicht anerkannt* entspricht, sondern ihm lediglich logisch erscheinen muss - von Glasersfeld prägte hier den Begriff der Viabilität des Wissens (von Glasersfeld 1995). Somit können auch fachlich nicht anerkannte oder begrenzte Bedeutungen gebildet werden (Bransford, Brown & Cocking 1999).

In den Naturwissenschaftsdidaktiken wurden in den letzten Jahren viele Begriffe und entsprechende Definitionen für diese wissenschaftlich nicht anerkannten Bedeutungen gebildet, so beispielsweise *misconceptions* (z. B. Helm 1980), *preconceptions* (z. B. Novak

1977), *alternative frameworks* (z. B. Driver 1981) oder im Deutschen *Fehlvorstellungen* (z. B. Barke 2006), *Schülervorstellungen* (z. B. Schmidt 1992; Marohn 2008) und *alternative (Schüler-)Vorstellungen* (z. B. Strehle 2007). Die Bedeutung dieser Begriffe greift häufig ineinander, was letztlich darin endet, dass sie teilweise synonym verwendet werden. Dennoch gibt es semantische Unterschiede: Die Basisnomen conception, Vorstellung oder auch Konzept sind tatsächlich meist bedeutungsgleich. Der Begriff Konzept wurde in der Sprachwissenschaft geprägt und wird im Sinne einer Kategorie verwendet. Diese Kategorien werden gebildet, um Objekte zu sortieren und Hierarchien zu erstellen (Löbner 2003). Ein Beispiel für ein Konzept im linguistischen Sinne ist „Hund" als „Haustier, das vier Beine hat und bellt". Auf die Naturwissenschaftsdidaktik übertragen, lautet ein entsprechendes Konzept beispielsweise „Molekül" als „Teilchen, das aus Atomen besteht".

Novak (1990) fasst den Begriff des Konzeptes enger und differenziert Konzepte und Propositionen: Nach seinem Verständnis wäre „Teilchen, das aus Atomen besteht" eine Proposition - eine Relation zwischen den Konzepten „Teilchen" und „Atom". Chi (2008) andererseits fasst den Begriff weiter: Für sie können Konzepte (concepts) internale Repräsentationen eines Objektes sein (z. B. Erde), aber auch in Beziehung stehende Systeme (z. B. Blutkreislauf).[3] Diese Konzepte bestehen aus einer organisierten Sammlung an simpleren Vorstellungen (beliefs), die definiert sind als „[..] single idea, corresponding more-or-less to information specified in a single sentence or statement." (S. 66)

Die hier und im Folgenden verwendete Bedeutung von Konzept übernimmt keine der vorgeschlagenen Trennungen, sondern umfasst sowohl die sprachwissenschaftliche Definition als auch die von Novak und Chi verwendete Bedeutung: Der Begriff Konzept/Vorstellung steht für Wissenselemente bzw. Denkmodelle, die über die Bedeutung eines einzelnen Begriffs (Hund, Molekül) hinausgehen können, aber nicht müssen. Beispiele für Konzepte sind nicht prozesshafte Denkmodelle wie beispielsweise zum Aufbau von Atomen oder zu chemischen Bindungen, aber auch prozesshafte Denkmodelle wie beispielsweise zu Lösevorgängen und chemischen Reaktionen.

Vosniadou (2002) setzt die Begriffe framework und conception gleich, sieht sie jedoch im Sinne übergreifender Vorstellungen, die den konkreten Konzepten zugrunde liegen (Vosniadou 2008). In einer weiteren Bedeutung sind sie definiert als „generalisierte nicht-individuelle Beschreibungen" (generalised non-individual descriptions) konkreter Vorstellungen (Gilbert 2005, S. 220). Da jedoch genau diese konkreten Vorstellungen analysiert werden sollen, wird im Folgenden von dieser Begrifflichkeit abgesehen und stattdessen Konzept und Vorstellung synonym verwendet.

Die verwendeten Präfixe mis- oder Fehl- implizieren die Bewertung einer Vorstellung und sind negativ konnotiert. Das Präfix pre- wird meist bei Vorstellungen verwendet, die im

3 Chi et al. (2008) verwenden den Begriff des Konzepts (concept), um sowohl internale Repräsentationen als auch in Beziehung stehende Systeme zu charakterisieren. Begrifflich zusammengefasst werden sie jedoch als mentale Modelle (mental models).

vorunterrichtlichen Alter entstanden ist. Der Fokus dieser Arbeit sind die Vorstellungen von Oberstufenschülern zu Unter- bzw. Mittelstufenthemen - also Themen, die bereits im Unterricht behandelt wurden. Somit wird von Begrifflichkeiten wie Fehlvorstellung oder Präkonzept abgesehen und stattdessen der Begriff der Schülervorstellung verwendet. Von dem ebenfalls neutral formulierten Begriff der *alternative frameworks* wird abgesehen, da explizit Vorstellungen von Schülern thematisiert werden.[4] Da in dieser Arbeit bestehende Schülervorstellungen über eine Multiple-Choice-Aufgabe erhoben werden, wird für eine bessere Lesbarkeit von fachlich anerkannten bzw. fachlich nicht anerkannten oder verkürzt von (nicht) anerkannten Vorstellungen bzw. Antworten gesprochen. Zusammengefasst werden Schülervorstellungen in dieser Arbeit definiert als Vorstellungen verschiedener Komplexität, die nicht mit den wissenschaftlich anerkannten Konzepten übereinstimmen[5] (Chambers & Andre 1997; Clerk & Rutherford 2000; McClary & Bretz 2012; Treagust 1988).

Die Existenz von Schülervorstellungen ist besonders dahingehend ein Problem, dass Erfahrungen stets auf der Basis bereits vorhandenen Wissens gedeutet und entsprechend neues Wissen auf vorhandenem Wissen aufgebaut wird. Werden äußere Stimuli aber auf Basis von Schülervorstellungen interpretiert, ist davon auszugehen, dass auch das neue Wissen wissenschaftlich nicht anerkannt ist (Bodner 1991; Carson & Watson 2002; Çelikten & İpekçioğlu 2012). Dieses kann auch dann geschehen, wenn der Lehrer explizit intendiert, ein anderes Konzept zu vermitteln, da die Wissensaneignung stets Interpretation und Integration involviert (Çelikten & İpekçioğlu 2012).

Um mit Schülervorstellungen umgehen zu können, stellt sich anfangs die Frage, wie diese charakterisiert werden können. Jedoch besteht sowohl in Bezug auf die mentale Organisation als auch in Bezug auf die Entwicklung von Konzepten im Laufe eines Lebens Uneinigkeit (Jiménez Gómez, Benarroch & Marín 2006). Einerseits werden sie als „coherent explanatory mental frameworks“ (Vosniadou 2002, S. 61) beschrieben, die tief verwurzelt (Çelikten & İpekçioğlu 2012) und kohärent sind (Carey 1985; Vosniadou & Brewer 1987; Leppävirta 2012). Gestützt wird diese These u. a. von Leppävirta (2012), der ein konsistentes Antwortmuster von Schülern in verschiedenen Kontexten feststellte. Mit diesen Thesen einher geht die Annahme, dass sie über lange Zeit stabil und - teils trotz großer Menge an Instruktionen - schwierig zu verändern sind (Anderson & Smith 1987; Driver & Easley 1978; Fetherston 1999; Fisher 1985; McClary & Bretz 2012). Diese zentrale Annahme der schwierigen Veränderlichkeit als Charakteristikum von Schülervorstellungen sehen Smith, diSessa & Roschelle (1993-1994) als inkonsistent mit dem Konstruktivismus an. Sie vertreten entsprechend in Bezug auf die Kohärenz eine andere Sichtweise:

4 Häufig bleiben die fehlerhaften Vorstellungen auch nach Ende der Schulzeit noch bestehen. Diesen Gesichtspunkt beachtend, kann der Begriff der alternative frameworks in bestimmten Kontexten passender sein.

5 Aus Gründen der Lesbarkeit wird im Folgenden statt wissenschaftlich/fachlich anerkanntes Konzept o.Ä. verkürzt von wissenschaftlichen, fachlichen oder anerkannten Konzepten/Vorstellungen/Antworten gesprochen. Obwohl begrifflich verkürzt, sei es in erstgenannter Bedeutung zu lesen.

Besser geeignet als eine kohärente Vorstellung von Konzepten sei die Annahme, dass Wissen fragmentiert ist, wie beispielsweise diSessa (2002) es beschreibt. Gestützt wird diese These u. a. durch Studien von Ebenezer & Fraser (2001) und Liu, Ebenezer & Fraser (2002), in denen Schüler auf Fragen zum Thema Energie bzw. Energie in Lösevorgängen kontextabhängig antworteten und sich durch die Art der Fragestellung beeinflussen ließen. Daraus wurde gefolgert, dass in Bezug auf das Thema Energie (in Lösevorgängen) kein konsistentes Konzept verinnerlicht wurde.
Neben diesen Unterschieden in der Charakterisierung besteht jedoch zusammenfassend Einigkeit darüber, dass Schülervorstellungen in allen Alters- und Fähigkeitsstufen sowie über Geschlechter- und Kulturgrenzen hinaus auftreten (Liu 2001; Wandersee, Mintzes & Novak 1994). Sie haben immensen Einfluss auf folgende Lernprozesse und sind schwierig zu verändern.

2.1.3 Lernen als Konzeptentwicklung

Basierend auf dem Konstruktivismus und daraus folgend der Annahme von Schülervorstellungen, kann Lernen als Veränderung dieser verstanden werden.
Das erste Modell, das sich explizit mit dem Lernprozess als Konzeptentwicklung befasste, stammt von Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982). Es basiert auf den Arbeiten von Piaget (1970) und Kuhn (1976). Posner et al. (1982) übernahmen Piagets Theorie der Assimilation und Akkommodation von Informationen bzw. bestehendem Wissen (Piaget 1970): Assimilation referiert auf das Erkennen eines physischen oder mentalen Ereignisses, welches sich in bestehende Konzepte einpasst und somit den bestehenden Denkmustern und Handlungsstrukturen einverleibt wird. Fehlt diese Passung, geschieht eine Akkommodation: Ein bestehendes kognitives Konzept verändert sich, Denkmuster und Handlungsstrukturen werden so angepasst, dass sie dem Ereignis gerecht werden. Ursache von Assimilation und Akkommodation ist nach Piaget ein Streben nach Äquilibration, einem kognitiven Gleichgewicht zwischen Denkstrukturen und Umwelt (Piaget et al. 2003). Als eine Möglichkeit, eine Akkomodation auszulösen und so wissenschaftlich nicht anerkannte Vorstellungen zu verändern, gilt nach Posner et al. (1982) der kognitive Konflikt:

> *If taken seriously by students, anomalies provide the sort of cognitive conflict (like a Kuhnian state of crisis) that prepares the student's conceptual ecology for an accommodation. (S. 224)*

Entsprechend der von Kuhn vorgestellten Theorie der revolutionären Paradigmenwechsel innerhalb der Wissenschaft, wird auch das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten als *Wechsel* von Vorstellungen verstanden: „[students] change their alternative frameworks and replace them with the scientific concepts instructed at school" (Vosniadou 2007, S. 9). Als Konditionen für eine Veränderung von Vorstellungen gelten Unzufrieden-

heit mit dem bestehenden Konzept sowie Verständlichkeit, Plausibilität und Fruchtbarkeit des neuen Konzeptes (Posner et al. 1982).

Aufgrund der Vorstellung, dass Konzepte ausgetauscht werden, wurde die Theorie als Konzeptwechseltheorie bezeichnet. Der Prozess des Konzeptwechsels läuft nach Posner et al. (1982) nicht linear ab, sondern stückweise und graduell, jedoch mit einer grundlegenden Veränderung bzw. einem Wechsel der Konzepte als Resultat. Nach heutigem Wissenstand wird noch stärker betont, dass eine Veränderung von Vorstellungen langsam und schrittweise erfolgt, wobei die alte Vorstellung nicht unbedingt verschwindet, sondern durchaus (u. U. verändert) bestehen bleiben kann. Daher wird in dieser Arbeit vom Begriff des Wechsels im Sinne eines Austausches abgesehen und von Konzeptentwicklung oder Konzeptveränderung gesprochen.

Mit der Zeit entwickelten sich neben der Theorie von Posner et al. (1982) weitere Konzeptentwicklungsmodelle, von denen drei im Folgenden näher erläutert werden.

2.1.3.1 Rahmentheorieansatz

Grundlegend für den Rahmentheorieansatz (framework theory) von Vosniadou (2008) ist die Annahme, dass Konzepte in theoretische Strukturen eingebettet sind, welche wiederum bestimmte Auflagen für die Konzeptbildung beinhalten. Es werden zwei theoretische Strukturen unterschieden:

1. allgemeine Rahmentheorien und
2. inhaltsspezifische Theorien (Schnotz 2006)

Erstere werden in den ersten Lebensjahren durch Beobachtungen und Deutungen der Lebenswelt entwickelt und durch Alltagserfahrungen wiederholt bestätigt. Diese *Rahmentheorien* umfassen sowohl ontologische als auch epistemologische Überzeugungen und bilden die sogenannten Präsuppositionen, vor deren Hintergrund alle weiteren Informationen gedeutet und interpretiert werden (Vosniadou, Vamvakoussi & Skopeliti 2008). Beispiele für diese Präsuppositionen sind, dass Objekte, die flach aussehen auch flach sind, und dass nicht gestützte Objekte nach unten fallen (Schnotz 2006). Die Rahmentheorien sind in sich kohärent und nicht fragmentiert (Vosniadou et al. 2008). Sie müssen nicht bewusst sein und unterscheiden sich von wissenschaftlichen Konzepten dahingehend, dass sie wenig systematisch und wenig abstrakt sind (Schnotz 2006).

Die *inhaltsspezifischen Theorien* beinhalten Erklärungen bestimmter Phänomene und können durch die Rahmentheorien beeinflusst sein. Während die Rahmentheorien also eher ein „Gerüst“ von Überzeugungen sind, beziehen sich die spezifischen Theorien auf konkrete fachliche Inhalte. Ein Beispiel einer fachlich nicht anerkannten inhaltsspezifischen Theorie ist die Annahme, dass die Erde flach sein muss, weil sie flach aussieht (Schnotz 2006; Vosniadou et al. 2008). Der Möglichkeit der Theoriebildung zugrunde liegend ist die Annahme, dass Menschen in der Lage sind, mentale Modelle zu bilden. Die Modelle der ersten Lebensjahre werden als initiale Modelle bezeichnet. Im Laufe des Le-

bens entwickeln sich aus diesen im Zusammenspiel mit neuen Erfahrungen und kulturell vermittelten Erfahrungen synthetische Modelle (Vosniadou & Brewer 1992). Diese bilden eine Mischform aus anfänglichen und wissenschaftlich anerkannten Modellen. Sowohl initiale als auch synthetische Modelle sind in der Regel Konzepte, die nicht mit den wissenschaftlich anerkannten übereinstimmen.[6] Eine Konzeptentwicklung liegt vor, wenn mittels Anreicherung oder Revision bestehende Konzepte verändert werden (Vosniadou 1994). Eine Anreicherung vollzieht sich, wenn neue Informationen in bereits bestehende Wissensstrukturen eingebaut werden. Sind diese Informationen mit dem Vorwissen konsistent, fällt Kindern eine Anreicherung nicht schwer. Liegt jedoch eine Inkonsistenz von initialem Modell und neuen Informationen vor, ist eine Revision der bestehenden Konzepte erforderlich. Die Revision einer spezifischen Theorie ist einfacher als die Revision einer Rahmentheorie, jedoch basieren spezifische Theorien häufig auf Rahmentheorien. Nach Vosniadou & Brewer (1992) beinhaltet ein Konzeptwechsel daher eine graduelle Revision der entsprechenden Rahmentheorie, kombiniert mit einer Re-Interpretation des Vorwissens. Eine Konzeptentwicklung ist somit nicht aufgrund der initialen Modelle an sich schwierig, sondern aufgrund der ihnen zugrunde liegenden epistemologischen und ontologischen Vorstellungen, welche sich lebenszeitlich früh entwickeln und in den folgenden Jahren häufige Bestätigung finden (Vosniadou et al. 2008).

2.1.3.2 Kategorisierungsansatz

Chi (2008) unterscheidet drei Arten an Schülervorstellungen und damit Konzeptentwicklungen. Wissen ist in drei unterschiedlichen Typen repräsentiert: individuelle Vorstellungen (individual beliefs), mentale Modelle (mental models) und Kategorien (categories), wobei die individuellen Vorstellungen dem niedrigsten, die Kategorien dem höchsten Komplexitätslevel zugeordnet sind. Individuelle Vorstellungen und mentale Modelle können nach Chi (2008) durch widersprechende Informationen und daraus folgende kognitive Konflikte verändert werden.

Eine Besonderheit ist die dritte Art einer Konzeptentwicklung: Im Laufe der kognitiven Entwicklung eines Menschen können drei ontologische Kategorien (mit weiteren Subkategorien) entstehen, in denen ein Konzept gespeichert werden kann:

1. Dinge
2. Prozesse
3. Mentale Zustände

Schülervorstellungen entstehen in diesem Fall bei fehlerhafter Kategorisierung (Chi 2008).[7] So wird beispielsweise das Konzept Wärme häufig unter der Kategorie Dinge statt unter der Kategorie Prozesse gespeichert und somit als Eigenschaft angesehen, die

6 Sie entsprechen damit den in dieser Arbeit definierten Schülervorstellungen.

7 Analog zu Chi (2008) wird hier von fehlerhafter Kategorisierung gesprochen, auch wenn in der vorliegenden Arbeit ansonsten von dieser normativen Bezeichnung abgesehen wird.

durch direkten Kontakt von einem Objekt auf ein anderes übertragen werden kann (Chi & Roscoe 2002).

Eine Konzeptentwicklung wird notwendig, wenn die verwendete Kategorie nicht mit der für dieses Konzept wissenschaftlich anerkannten Kategorie übereinstimmt. Eine Konzeptentwicklung ist nach diesem Verständnis eine Zuweisung eines Konzepts zu einer anderen ontologischen Kategorie. Dieser Wechsel kann zum einen innerhalb einer Kategorie, also von einer Subkategorie zu einer anderen, erfolgen oder zum anderen – und dann erschwert – von einer Kategorie in eine andere. Der Wechsel eines Konzeptes zu einer anderen Kategorie beinhaltet nicht automatisch ein plötzliches und tiefes Verstehen des Konzepts: Der Wechsel wird lediglich als erster, aber notwendiger Schritt im Lernprozess angesehen (Beerenwinkel 2006). Eine Konzeptentwicklung kann nach Chi & Roscoe (2002) neben dem Grund der Komplexität des Konzepts aus zwei weiteren Gründen problematisch sein: zum einen, weil ein Konzept einer anderen als der wissenschaftlich anerkannten Kategorie zugewiesen wurde, zum anderen, weil eine entsprechend wissenschaftlich anerkannte Kategorie fehlt. Als Konzeptentwicklungsstrategie eignet sich hier ein kognitiver Konflikt nur bedingt. Stattdessen muss sich der Lerner bewusst sein, dass es überhaupt ontologische Kategorien gibt, welcher Kategorie seine Vorstellung zugeordnet ist und - bei fehlerhafter Zuordnung - welcher sie zugeordnet sein müsste. Um eine Konzeptentwicklung in diesem Sinne zu erzielen, ist demnach eine ontologische Bewusstheit erforderlich.

2.1.3.3 Knowledge-in-pieces-Ansatz

Anders als Vosniadou et al. (2008), die das Wissen von Kindern als relativ kohärente Theoriegebäude sehen, geht diSessa (2002) davon aus, dass es zunächst aus fragmentarischen „Bruchstücken“ besteht. Diese bezeichnet er als phänomenologische Prinzipien (P-Prims). Diese P-Prims sind Abstraktionen von Alltagserfahrungen, mit deren Hilfe diese Erfahrungen individuell schnell und einfach erklärt werden. Schnotz (2006) bezeichnet sie als „kognitive Schemata [..], die eine oberflächliche Interpretation von Beobachtungen vornehmen.“ (S. 78) Diese P-Prims sind bei Novizen isolierte und nicht kohärente Wissenselemente, die sich durch eine geringe Vernetzung untereinander auszeichnen (diSessa 1993). Entsprechend können diese Elemente nicht als Art Theorie bezeichnet werden, wie es bei Vosniadous Ansatz der Fall ist, da sie weder im Rahmen einer größeren Theorie entwickelt werden noch abgerufen werden können (Özdemir & Clark 2007). Ursache der fragmentarischen Eigenschaft des Wissens ist eine fehlende metakognitive Bewusstheit: Da der Mensch nicht prüft, ob sein Wissen kohärent ist, bemerkt er dessen Bruchstückhaftigkeit nicht (Schnotz 2006). Das Resultat dieser wenig vernetzten Wissenselemente ist die Tatsache, dass Wissen in bestimmten Kontexten abgerufen werden kann, in anderen jedoch nicht. Bei Experten sind die Wissenselemente stärker vernetzt, sodass sich eine Art conceptual ecology bildet. Neben den P-Prims besteht eine weitere

Art mentaler Entitäten, die ebenfalls zur conceptual ecology gehören: die coordination classes (diSessa 2002). Diese sind im Gegensatz zu den P-Prims, die als atomistische Elemente gesehen werden, größere Systeme, die über einen hohen Grad an Koordinierung über Kontexte hinweg zu charakterisieren sind (diSessa 2002). Sie sind in der Lage, „ein Modell einer bestimmten Art wissenschaftlichen Konzeptes" („a model of a certain type of scientific concept", diSessa 2002, S. 43) zu bilden, wobei P-Prims Teile dieses Modells sein können. Inwiefern Schülervorstellungen in diesen coordination classes realisiert werden, ist noch nicht bekannt. Eine These ist, dass sie in Gegenwart naiver P-Prims (noch) nicht existieren. Coordination classes dienen dazu, Informationen aus der Umwelt für die Menschen zugänglich zu machen und aus ihnen Schlussfolgerungen zu ziehen (diSessa 2002).
Eine Konzeptentwicklung besteht nach diesem Ansatz zum einen darin, P-Prims auf Basis der coordination classes aufzubauen, und zum anderen, bestehende P-Prims auf Basis der conceptual ecology zu vernetzen, sodass komplexe konzeptuelle Strukturen entstehen (diSessa 2002).

2.1.3.4 Affektive und soziale Ansätze

Kognitive Modelle zur Konzeptentwicklung sind ein essentieller Bestandteil der Konzeptentwicklungsforschung. Von Vertretern situierter oder mehrdimensionaler Ansätze werden sie jedoch unter anderem dahingehend kritisiert, dass sie eine *kalte* Sichtweise der Konzeptentwicklung vertreten würden, welche sich durch rein kognitive Betrachtung auszeichnet (Pintrich, Marx & Boyle 1993).[8] Als ebenso wichtige Faktoren wie die kognitiven Aspekte werden hier affektive Aspekte wie Ziele, Intentionen, Interesse, Erwartungen und Bedürfnisse der Schüler gesehen (Pintrich et al. 1993; Sinatra & Pintrich 2003). Weiterhin gelten soziale Aspekte (van der Veer & Valsiner 1991), Gruppenfaktoren (Dykstra 1992) und metakonzeptuelles Wissen (Sinatra & Pintrich 2003) als Einflussgrößen auf eine Konzeptentwicklung.
Als Hauptvertreter der *affektiven Sichtweise* gelten Pintrich et al. (1993). Sie betonen die Selbstwirksamkeitserwartungen, den sozialen Kontext sowie individuelle Ziele, Intentionen, Erwartungen und Bedürfnisse als Faktoren im Lernprozess. Positiv für eine Konzeptentwicklung ist entsprechend eine positive affektive Einstellung der Schüler bezüglich des Lernens und der Lernumgebung in all ihren Facetten.
Während der Fokus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung bezüglich Schülervorstellungen und Konzeptentwicklung zu Beginn der 1970er und 1980er Jahre auf der inhaltlichen Ebene des jeweiligen Faches lag, trat in den letzten Jahren die epistemologische Ebene der Schülervorstellungen über die Natur des Wissens und den Weg der *naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung* hinzu (Qian & Alvermann 1995). Diese Faktoren spielen insofern eine wichtige Rolle, dass sie die Vorstellung bezüglich des eigenen

8 Auch Posner et al. (1982) benennen affektive Faktoren als Faktoren im Konzeptentwicklungsprozess. Anders als bei Pintrich et al. (1993) liegt der Fokus hier jedoch klar auf kognitiven Faktoren.

Wissens prägen und beeinflussen. Wer das Wissen als objektiv und absolut betrachtet, ist weniger gewillt, einen Konzeptwechsel einzugehen und/oder verschiedene Konzepte kontextabhängig anzuwenden. Positiv für den Prozess einer Konzeptentwicklung können entsprechend die Vorstellungen sein, dass das Wissen komplex ist und sich in einem stetigen Entwicklungsprozess befindet (Stark 2001). Mit dieser Metakognition einhergehend, wird von Vosniadou & Ioannides (1998) *metakonzeptuelles Wissen* als Einflussfaktor auf eine Konzeptentwicklung genannt. Nach dieser Theorie lernen Schüler naturwissenschaftliche Konzepte und Prinzipien nur unter der Bedingung, dass sie sich der Entwicklung ihrer anfänglichen metakonzeptuellen Vorstellungen zu einer metakonzeptuellen Perspektive der wissenschaftlich anerkannten Vorstellung bewusst sind.
Weitere Kritik an kognitiven Modellen wird aus *sozialkonstruktivistischer Sicht* geäußert: Halldén (1999) kritisiert die Ansicht einer Konzeptentwicklung als Austausch einer bestehenden Vorstellung gegen ein neues Konzept und argumentiert, dass Vorstellungen stets in kognitive, situative und linguistische Kontexte eingebettet sind. Die korrekte Anwendung eines Konzeptes ist demnach in erster Linie ein Problem der Kontextualisierung. Ein entsprechendes situatives Modell der Konzeptentwicklung wurde von Caravita und Halldén (1994) entwickelt. In diesem werden explizit wissenschaftlicher Kontext und Alltagskontext unterschieden. Während die Aussage „Im wunderschönen Emsbüren geht die Sonne auf." im Alltag eine angemessene Aussage ist, wäre im geographisch-fachwissenschaftlichen Kontext eher von der aufgrund der Erdrotation relativen Änderung von Erd- und Sonnenstand zueinander zu sprechen. Wird der Lerner während einer Unterrichtssituation mit einer aus dem Alltag bekannten Thematik konfrontiert, erwarten die Lehrenden in der Regel dessen Interpretation vor dem Hintergrund wissenschaftlicher Theorien bzw. eines wissenschaftlichen Kontexts. Dieser Kontext mit den entsprechend als wichtig erachteten Faktoren unterscheidet sich jedoch unter Umständen immens von dem Alltagskontext, aus welchem dem Lerner das Beispiel bekannt ist. Die Schülervorstellungen basieren nach Caravita & Halldén (1994) demnach auf Schwierigkeiten, Konzepte und adäquate Kontexte in Einklang zu bringen. Sind keine Hinweise auf eine adäquate Anwendung eines Konzeptes gegeben, werden die Schüler diejenigen Kontexte wählen, die ihnen am geläufigsten sind - auch wenn diese nicht in jedem Fall geeignet sind. Caravita & Halldén sind demnach Vertreter soziokognitiver Theorien mit einem Fokus auf eine Kontextualisierung des Wissens. Eine Konzeptentwicklung beruht stets auf Erfahrungen, die eingebettet sind in kulturelle Zusammenhänge (Halldén 1999) und die emotional stimuliert sind (Pintrich et al. 1993). Da im Laufe des Lebens immer mehr Erfahrungen gemacht und gespeichert werden, wird auch eine Konzeptentwicklung komplexer (Havu-Nuutinen 2005). Positiv für eine Konzeptentwicklung in diesem Sinne ist eine bewusste Kontextualisierung des Wissens durch mentale Organisation, Verfeinerung und Ausdifferenzierung dieser Kontexte (Caravita & Halldén 1994).

2.1.4 Rolle des kognitiven Konfliktes im Konzeptentwicklungsprozess

Seit Posner et al. (1982) stand der kognitive Konflikt im Zentrum einer Konzeptentwicklung. Er wird nach Lee & Byun (2012) definiert als wahrgenommener Zustand der Diskrepanz zwischen einem eigenen Konzept und einer externen Informationen oder zwischen zwei eigenen Vorstellungen. Nach Chan (2001) gibt es zwei Varianten eines kognitiven Konflikts:

1. *Ausgelöst durch zu Schülervorstellungen diskrepante Informationen.* Über die Informationen, die den Schülervorstellungen widersprechen, soll ein „Ungleichgewicht“ verursacht werden, die eine Reflexion der jeweiligen Vorstellung auslöst. Das Ziel der Lerner sei das Lösen des Ungleichgewichts.
2. *Ausgelöst durch verschiedene (Schüler-)Vorstellungen in einer Gruppe*. Über die verschiedenen Vorstellungen innerhalb einer Gruppe soll ein soziokognitiver Konflikt ausgelöst werden. Die Schüler sind aufgefordert, ihre Positionen zu präsentieren und zu rechtfertigen, sodass eine Überprüfung des eigenen Verstehens unterstützt wird.

Ein kognitiver Konflikt gilt bei vielen Wissenschaftlern als notwendiger Faktor im Konzeptentwicklungsprozess (Hashweh 1986; Niaz 2006; Treagust & Duit 2008). Jedoch gibt es zu beiden Varianten des kognitiven Konfliktes eine differente Forschungslage: Diskrepante Informationen, auch als anormale Daten bezeichnet, führen nicht unbedingt zu einem kognitiven Konflikt - und dieser weiterhin nicht unbedingt zu einer Konzeptentwicklung (Alvermann & Hague 1989; Dreyfus, Jungwirth & Eliovitch 1990). Zusammengefasst gibt es folgende Arten, mit anormalen Daten umzugehen:

1. Ignoranz der Daten
2. Zurückweisung der Daten
3. Aufschub einer Konfliktlösung
4. Uminterpretation der Daten
5. Periphere Entwicklung des Konzeptes
6. Entwicklung des Konzeptes (Chinn & Brewer 1993).

Bei Punkt eins und zwei wird die Anormalität der Daten nicht akzeptiert, das bestehende, wissenschaftlich nicht anerkannte Konzept bleibt bestehen. Bei Punkt drei und vier wird die Anormalität der Daten zwar akzeptiert und somit ein kognitiver Konflikt verspürt, jedoch wird das Konzept nicht verändert. Hier zeigt sich, dass häufig eher die Daten umgedeutet werden, als dass die eigene Vorstellung angezweifelt und verändert wird. Lediglich bei Punkt fünf und sechs findet eine Konzeptentwicklung statt (Chinn & Brewer 1993).

Eine mögliche Ursachenklärung für den unterschiedlichen Umgang mit anormalen Daten gibt ein Modell von Lee et al. (2003), nach dem ein kognitiver Konflikt wie folgt abläuft:

1. Der Lerner nimmt die anormale Situation wahr,
2. er drückt Interesse und/oder Angst aus, den wahrgenommenen Konflikt zu lösen und
3. er bewertet die Situation erneut, um den Konflikt zu lösen.

Entsprechend gibt es vier psychologische Stadien, die den Ablauf eines Konflikts beeinflussen: Erkennen der anormalen Situation, Interesse, Angst und Neubewertung. Je stärker dieser Zustand erlebt wird, desto größer ist der kognitive Konflikt. Fehlt eines der Stadien, ist die Wahrscheinlichkeit einer Konzeptentwicklung gering. Je nach Stärke der vier Stadien erfahren Lerner unterschiedliche kognitive Konflikte (Lee & Byun 2012). In einer Studie von Lee & Byun (2012) zeigten alle Schüler mit hoher Wahrnehmung der anormalen Situation, hohem Interesse, geringer Angst sowie hoher Partizipation in einer Neubewertung der Situation eine Konzeptentwicklung. Schüler mit jeglicher anderer Kombination zeigten nur vereinzelte bzw. geringere Konzeptentwicklungen. Daraus kann gefolgert werden, dass auch affektive und emotionale Aspekte als Einflussfaktoren auf einen kognitiven Konflikt gelten und dass die einzelnen Stadien des kognitiven Konflikts sich auf den Umgang mit anormalen Daten auswirken.

Neben kognitiven und affektiven spielen auch epistemologische Faktoren eine Rolle: Die Akzeptanz anormaler Daten durch die Schüler hängt von deren Vorstellungen über das Wissen (Mason 2001b; Lee & Byun 2012) und über das Lernen ab (Elby & Hammer 2001). Denken Schüler, dass das Lernen aus dem Merken und Erinnern von Fakten besteht, die ihnen von Lehrern gegeben werden, so akzeptieren sie eher das Wissen von Autoritäten, als dass sie sich das Wissen selbstständig und reflektiert aneignen (Lee & Byun 2012).

Auch zur zweiten Art der von Chan (2001) beschriebenen Konflikte, dem soziokognitiven, gibt es differente Studienergebnisse. Neben den oben genannten Aspekten zum kognitiven Konflikt kommt bei dieser Form die soziale Umwelt als Einflussfaktor hinzu. In einigen Studien wird von größerem Lernzuwachs gesprochen, der durch soziokognitive Konflikte initiiert wurde (Howe, Tolmie & Rodgers 1992). Andererseits wird berichtet, dass ähnliche, zusammenlaufende Meinungen und Verstehensprozesse wichtiger und effektiver sind als konfligierende (Chan 2001; Tudge 1989).

Zusammenfassend wird dem kognitiven Konflikt ein konstruktives Potential zugeschrieben, solange dieser Konflikt nicht zu stark oder zu gering erlebt wird (Lee & Byun 2012). Die Folgerungen aus einem kognitiven Konflikt sind - entsprechend der Darstellung des Lernens als Konzeptentwicklung - nicht per se wissenschaftlich anerkannt oder logisch stringent. Eher sind sie als langsamer Prozess der eigenständigen Veränderung bestehender Konzepte zu beschreiben, der von motivationalen, epistemologischen, affektiven Faktoren sowie dem Vorwissen und der Argumentationsfähigkeit abhängt (Niaz 2006; Lee & Byun 2012).

2.1.5 Zwischenfazit

Nach dem moderaten Konstruktivismus konstruiert jeder Mensch individuell, aber nicht solipsistisch, sondern im Zusammenspiel mit seiner Umwelt sein Wissen. Entsprechend muss dieses Wissen nicht wissenschaftlich anerkannt, sondern für jede Person individuell viabel sein. Seit einiger Zeit wird in den Naturwissenschaftsdidaktiken der moderate Konstruktivismus jedoch auch diskutiert. So kritisiert beispielsweise Osborne (1996) die epistemologischen und pädagogischen Grenzen, die dieser Theorie innewohnen. Terhart (1999) kritisiert die Theorie des moderaten Konstruktivismus als Zusammenfassung verschiedener Theorien, die teils miteinander vereinbar sind, sich jedoch teils sogar widersprechen. Er hinterfragt die Anwendung dieser Theorie, die in der Praxis „aller Inhaltlichkeit [..] entkernt[..|“ (S. 643) sei. Dennoch hat sich die Anwendung des Konstruktivismus als Lehr-Lern-Paradigma bewährt: Er bietet die Möglichkeit, Schülervorstellungen anzusprechen, und praktische Ansatzpunkte, um deren Veränderung zu initiieren und so den Schülern ein Verstehen zu ermöglichen (Fetherston 1999).

Die mentale Organisation von Schülervorstellungen ist bis heute nicht geklärt (Jones, Carter & Rua 2000). Vosniadou (2008) kritisiert die Darstellung von Schülervorstellungen als isolierte P-Prims, die in Lernprozessen „lediglich“ organisiert und umsortiert werden müssen. Nach ihr wird das Wissen selbst variiert, indem Aspekte hinzugefügt oder gelöscht und so Theorien verändert werden. DiSessa (2002) im Gegenzug kritisiert eine Darstellung von Konzepten als konsistent und in sich stabil, da sie nicht in allen Kontexten abgerufen werden können bzw. in verschiedenen Kontexten unterschiedliche Vorstellungen geäußert werden. Eine beide Konzepte verbindende Möglichkeit ist, Schülervorstellungen als komplexe mentale Systeme zu sehen, die - je nach Kontext - sowohl kohärent als auch wenig kohärent sein können. Die Organisation wird so als individuell unterschiedlich angenommen (McClary & Bretz 2012).

Einigkeit unter Didaktikern besteht darüber, dass Schülervorstellungen stabil und damit schwierig zu verändern sind (Jones, Carter & Rua 2000). Bislang konnte keine Studie einen völligen Austausch von Konzepten zeigen (Duit & Treagust 2003). Was erreicht werden kann, ist eine Art peripherer Konzeptwechsel (Chinn & Brewer 1993). Dieser wird verstanden als Bildung eines Hybridkonzepts aus ursprünglichen und neu konstruierten Vorstellungen (Gilbert et al. 1982; Jung 1993). Eine Konzeptentwicklung wird also eher als graduelle Veränderung gesehen.

Wie eine Konzeptentwicklung abläuft, ist ebenfalls nicht ins Detail geklärt, sodass verschiedene Modelle parallel existieren. Einigkeit besteht darüber, dass ein rein kognitives Modell nicht ausreicht, um eine Konzeptentwicklung umfassend zu beschreiben, denn sie hängt von weit mehr Faktoren als individuellen kognitiven Fähigkeiten ab (Havu-Nuutinen 2005). So überarbeiteten auch Strike & Posner (1992) ihr ursprüngliches kognitives Modell und argumentierten in ihrem neuen für Motivation und Vorwissen als wichtige

Faktoren im Lernprozess. Zusammengefasst umfasst eine mehrdimensionale Perspektive einer Konzeptentwicklungstheorie

1. ontologische Aspekte
2. affektive Aspekte
3. soziale Aspekte und
4. epistemologische Aspekte

Neben den theoretischen Aspekten der Modelle stellt sich die Frage, welchen Stellenwert Schülervorstellungen beim Lernen haben. Meist werden sie negativ konnotiert, als hinderlich für den Lernprozess angenommen und nur selten als Quelle oder Chance für die Initiierung von Lernprozessen gesehen (Leppävirta 2012). Vosniadou (2002) sieht die ontologische und epistemologische Überzeugungen als potentiell lernhinderlich oder -förderlich. Leppävirta (2012) konnte zeigen, dass im Bereich Elektrizität und Magnetismus Schülervorstellungen (im Sinne mehr oder weniger strukturierter P-Prims) hinderlich sind, wenn sie inkonsistent und unstrukturiert sind. Bestehen jedoch konsistente Schülervorstellungen, so können diese Vorstellungen eine Konzeptentwicklung begünstigen.

In einer Studie von Marohn (2008b) zu Schülervorstellungen von Oberstufenschülern zu den Themen Lösevorgänge und Aggregatzustandsänderungen (vgl. Kap. 2.2.1 und 2.2.2) zeigten sich konsistente Antwortmuster über verschiedene Aufgaben und Themenbereiche hinweg, so zum Beispiel die Vorstellung des Bruchs kovalenter Bindungen sowohl im Löse- als auch im Verdampfungsvorgang. Da sich die Unterrichtskonzeption unter anderem, aber in besonderem Maße, auf diese Studie stützt, werden Schülervorstellungen im Folgenden als relativ - aber nicht notwendigerweise - konsistent angesehen. Weiterhin wird eine Konzeptentwicklung als ein Prozess angenommen, der von kognitiven, affektiven, epistemologischen und sozialen Aspekten abhängt. Schülervorstellungen werden nicht negativ konnotiert dargestellt und nicht bewertet. Sie gelten vielmehr als mögliches Resultat der Entwicklung jedes einzelnen Schülers. Wissenschaftlich sind sie jedoch nicht anerkannt, sodass ein Ziel des Chemieunterrichts sein muss, diese Vorstellungen in Richtung der wissenschaftlich anerkannten zu verändern. Sie bilden damit den Ausgangspunkt und gleichzeitig die Chance, wissenschaftlich anerkanntes Wissen zu erwerben. Basierend auf allen hier genannten Modellen zum Konzeptwechsel wird hier die Bedeutsamkeit gesehen, Schülervorstellungen bewusst zu machen, bevor sie von den Schülern verändert werden können. Für die Veränderung wird in dieser Arbeit der kognitive Konflikt - sowohl über Informationen als auch über verschiedene Meinungen innerhalb einer Gruppe - als hilfreiches Mittel angesehen. Diese Bewusstwerdung und schrittweise Veränderung impliziert die Bedingung, dass Schüler Interesse und Motivation zeigen, dass sie in ihrem eigenen Tempo lernen und in einer Atmosphäre arbeiten, in der sie sich trauen, ihre Vorstellungen zu äußern und zu diskutieren.

2.2 Schülervorstellungen zum Lösen, Verdampfen und zum Wesen der Naturwissenschaften

Elemente und Verbindungen können in drei Aggregatzuständen (fest, flüssig und gasförmig)[9] sowie als Teil einer Lösung (ebenfalls in fester, flüssiger oder gasförmiger Form) auftreten (Riedel 2010). Der jeweils auftretende Aggregatzustand ist abhängig von Druck und Temperatur. Treten Moleküle einer Flüssigkeit in die Gasphase über, spricht man von Verdampfung. Unterschieden wird hier das Sieden - der Übergang eines Stoffes in die Gasphase bei Siedetemperatur - und das Verdunsten - der Übergang eines Stoffes in die Gasphase unter Siedetemperatur (Doering, Schwill & Delhi 2012). Im Folgenden werden sowohl Verdampfungs- als auch Lösevorgänge als physikalische Vorgänge definiert.[10] Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie durch physikalische Mittel (z. B. Temperaturänderung) rückgängig gemacht werden können, sowie dadurch, dass sich kleine Teilchen (je nach Stoff Atome, Ionen oder Moleküle) umsortieren, ohne einen neuen Stoff zu bilden. Beim Verdampfen sortieren sich Teilchen dahingehend um, dass sie ihren Abstand zueinander vergrößern; beim Lösen sortieren sich Teilchen um, indem sie mit den Teilchen des Lösemittels eine homogene Mischung bilden.
Wie in Kap. 2.1.2 erläutert, entsprechen die Vorstellungen der Schüler nicht unbedingt den wissenschaftlich anerkannten. Im Folgenden soll ein Überblick über einige Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen zu den Themen Verdampfen und Lösen gegeben werden. Dabei wird besonderer Bezug zu Daten aus einer Studie von Marohn (2008b) genommen. Weiterhin werden in Kapitel 2.2.3 Schülervorstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften thematisiert.

2.2.1 Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang

Das Phänomen der Phasenübergänge erleben wir relativ früh in der Kindheit (Bar & Travis 1991) beispielsweise durch das Schmelzen von Eis oder das Kochen von Wasser. Die von den Kindern konstruierten Vorstellungen liegen auf Phänomenebene (Garnett, Garnett & Hackling 1995) und können, wenn sie nicht verändert werden, zu weiteren wissenschaftlich nicht anerkannten Vorstellungen führen (Thomas & Schwänzt 1998). Sie unterscheiden sich daher in ihrem Ursprung von Schülervorstellungen, die erst im Laufe

9 Die weiteren, in der Physik häufig als „nicht-klassisch“ beschriebenen Zustände wie das Plasma seien an dieser Stelle nicht weiter diskutiert, da sie im Chemieunterricht keine Rolle spielen.

10 Über die Frage, ob es sich beim Verdampfen wie auch beim Lösen um eine chemische Reaktion oder einen physikalischen Vorgang handelt oder ob diese Unterscheidung nichtig ist, herrscht in der Wissenschaft keine Einigkeit. In der Fachliteratur zur Chemie wird es auf unterschiedliche Weise dargestellt und auch Fachdidaktiker sind sich nicht einig, ob eine Unterscheidung für die Schule sinnvoll ist oder nicht, und wie entsprechende Definitionen lauten könnten. An dieser Stelle soll die Diskussion nicht aufgenommen werden, sondern beispielhaft auf Binnewies, Jäckel, Wollner & Rayner-Canham (2004), Christen (1978), Mortimer (2007) und, Riedel (2010), als chemische Fachliteratur sowie auf Eilos, Leerhoff & Möllering (2002) und Barke & Schmidt (2004) als fachdidaktische Literatur verwiesen sein.

des jeweiligen Fachunterrichts entstehen (Taber 2001). Studien zu Vorstellungen zum Verdampfen beginnen bereits mit Probanden im Vor- und Grundschulalter. Hier wird der Fokus auf phänomenologische Aspekte gelegt, wie zum Beispiel die Frage, warum Wäsche auf der Leine trocknet (Tytler 2000). Schon hier wird deutlich, dass das Verdampfen ein abstraktes und damit ein für Schüler kompliziertes Thema ist, weil das Verdampfen ein „unsichtbares" Phänomen ist, das nur am geringer werdenden Flüssigkeitsstand zu beobachten ist (Bar & Travis 1991). Zudem scheint es für Kinder schwierig zu verstehen zu sein, dass flüssiges Wasser zu Gas werden kann bzw. dass Eis, Wasser und Wasserdampf ein und derselbe Stoff ist (Johnson 1998).

Im Laufe der Jahre werden die Vorstellungen differenzierter und durch den Einfluss von Erfahrungen aus Schule und Alltag komplexer: Es kommen Vorstellungen in Bezug auf die Teilchenebene, energetische Aspekte, Massenerhalt etc. hinzu. Folglich erforscht der Großteil entsprechender Studien Vorstellungen von Schülern, die bereits in der Schule Chemieunterricht (in vielen Ländern im Rahmen von Science Education gelehrt) haben. Hier liegt der Fokus eher auf der Teilchenebene sowie auf energetischen Aspekten. Bereits die Vielzahl der Studien, die sich mit Schülervorstellungen zu diesem Themenbereich befasst hat, verdeutlicht die Wichtigkeit der Thematik. Einen kategorisierten Überblick über Schülervorstellungen zum Verdampfen bieten Coştu, Ayas & Niaz (2010)[11]. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Schülervorstellungen (leicht gekürzt) zusammengefasst.

Tab. 1: Schülervorstellungen zum Thema Verdampfen (nach Coştu, Ayas & Niaz 2010, S. 6)

Schülervorstellungen zum Verdampfen
Eigenschaften des Verdampfungsvorgangs
Verdampfen ist ein chemischer Vorgang.
Verdampfen geschieht in allen Teilen der Flüssigkeit.
Unterscheidung von Verdampfen im geschlossenen und offenen System
Während des Verdampfens kommen gelöste Teilchen mit denen des Lösungsmittels aus der Lösung.
Das Gewicht der Teilchen verändert sich während des Verdampfens.
Wasserdampf ist etwas anderes als flüssiges Wasser (z. B. Wasserdampf besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff).
Verdampfen in einem offenen System
Wasser verschwindet oder wird zu Luft.
Wasser wird vom Behälter absorbiert.
Wasser wird zu Wasserstoff und Sauerstoff.
Flüssigkeitsstand verändert sich während des Verdunstens (bei gleich bleibender Temperatur) nicht.

11 Die verwendeten Studien sind: Bar 1989; Bar & Travis 1991; Beveridge 1985; Canpolat 2006; Chang 1999; Coştu 2006; Coştu & Ayas 2005; Driver et al. 1994; Fredrickson, Heinselman, Gonzalez-Espada & Zaras 2006; Garnett, Gartnett & Hackling 1995; Goodwin 2000; Gopal, Kleinsmidt, Case & Musonge 2004; Hatziniktia & Koulaidis 1997; Henriques 2000; Johnson 1998, 2005; Kruger & Summers 1989; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer & Blakeslee 1993; Mulford & Robinson 2002; Novak & Musonda 1991; Osborne & Cosgrove 1983; Paik, Kim, Cho & Park 2004; Papageorgiou & Johnson 2005; Prain, Tytler & Peterson 2009; Russell, Harlen & Watt 1989; Tytler 2000; Tytler & Peterson 2001, 2004, 2005; Tytler, Prain & Peterson 2007; Valanides 2000; Varelas, Pappas & Rife 2006; You & Schallert 1992.

Schülervorstellungen zum Verdampfen
Verdampfen in einem geschlossenen System
Das Gesamtgewicht verringert sich (- da Wasserdampf eine geringere Masse hat als Wasser).
Das Gesamtgewicht vergrößert sich (- da sich der Dampfdruck erhöht).
Der Dampfdruck bleibt gleich.
Verdampfen und Temperaturgradient
Hitze ist notwendig, damit ein Stoff verdampf.
Wasser, das wärmer als die Umgebungstemperatur ist, verdampft nicht.
Wasser verdampft aufgrund der Wärme der Umgebung.
Die Temperatur verändert sich während des Verdampfens.
Verdampfen und Sieden
Verdampfen beginnt mit dem Sieden (bzw. findet nicht unter dem Siedepunkt statt),
Unangemessene Verbindung zwischen Verdampfen und Sieden
Verdampfen und Luftfeuchtigkeit
Kein Verdampfen bei relativer Luftfeuchtigkeit von 100 % oder höher
Die umgebende Luftfeuchtigkeit beeinflusst das Verdampfen.

Weitere eng mit dem Verdampfen verbundene Themen sind etwa die des Kodensierens (Chang 1999), dem Massenerhalt während des Kondensierens (Hatzinikita & Koulaidis 1997), Kondensation in offenen Systemen (Paik et al. 2004), Kondensation in geschlossenen Systemen (Coştu 2006) und Aggregatzustandsänderung in Alltagskontexten wie dem Wetter (Henriques 2000).

Die in Tabelle 1 genannten Schülervorstellungen beziehen sich zumeist auf Wasser als beispielhaft gewählten Stoff. Im Folgenden sollen einige Studienergebnisse präsentiert werden, die sich mit anderen Stoffen befassen.

Schmidt (1996) stellte bei einer Studie über Schülervorstellungen zu intermolekularen Kräften die Schülervorstellung fest, im Zuge des Siedens brächen kovalente Bindungen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Schmidt, Kaufmann & Treagust (2009): Probanden der Studie waren Schüler der Oberstufe deutscher Gymnasien, die ebenfalls zu Siedepunkten verschiedener organischer Substanzen befragt wurden. So antworteten beispielsweise 30 % der Schüler, dass n-Buten im Vergleich zu seinen Isomeren den niedrigen Siedepunkte habe, da für einen Bindungsbruch geradkettiger Moleküle weniger Energie benötigt würde als bei verzweigten Molekülen.

Marohn (2008a) fokussierte sich in ihrer Studie auf ähnliche Schülervorstellungen. Ziel war es, *elementare* Schülervorstellungen zu finden. Als elementar werden solche Schülervorstellungen bezeichnet, die die in Tabelle 2 beschriebenen Kriterien erfüllen.

Sowohl die Konzepte zum Verdampfen als auch die Konzepte von Lösevorgängen bzw. Lösungen (Kap. 2.2.1 und 2.2.2) erfüllen diese. Aggregatzustandsänderungen und Lösevorgänge werden im Laufe des Unterrichts in verschiedenen Kontexten behandelt und fortlaufend in verschiedenen Kontexten vertieft. Dabei ist besonders von Bedeutung, dass

zentrale Vorstellungen in ihrer jeweiligen Entsprechung in beiden Inhaltsbereichen auftreten.

Tab. 2: Kriterien für elementare Schülervorstellungen (Marohn 2008a, S. 76)

Kriterien für elementare Schülervorstellungen
Fachinhaltliche Kriterien
Bezug zu einem Fachinhalt, der im Verlauf des Unterrichts fortlaufend vertieft wird und als typisch für die Erarbeitung eines Teilkonzepts aus dem Bereich der Basiskonzepte angesehen werden kann
Auftreten bzw. Auswirken in mehreren Kontexten oder Inhaltsbereichen
Statistische Kriterien
Häufigkeit
Stabilität
Lernerorientierte Kriterien
Bedeutung für das Verstehen lebensweltlicher Phänomene

Als stabil wird eine Vorstellung dann bezeichnet, wenn Schüler trotz vorangegangener Thematisierung im Unterricht diese nicht in Richtung des wissenschaftlich anerkannten Konzepts verändern und sogar bei Konfrontation mit dem wissenschaftlich anerkannten Konzept an ihrer Vorstellung festhalten.

In einer Paper-and-Pencil-Studie (Marohn 2008b) wurden 2283 Schüler aus der Oberstufe niedersächsischer Gymnasien zu grundlegenden Themen wie Aggregatzustandsänderungen und Lösevorgängen befragt.[12] Das heißt, es wurden diejenigen Schülervorstellungen erhoben, die trotz vorangegangener Thematisierung bis (fast) zum Ende der Schulzeit überdauert haben. Im Folgenden werden die häufigsten Schülervorstellungen vorgestellt.

Verdampfen als Bindungsbruch

34 % aller Schüler beschrieben das Sieden von Cyclohexan als Bindungsbruch, wie folgende zwei Beispiele verdeutlichen:

> *Die Teilchenbewegung erhöht sich und der Stoff wird instabiler. Bei ausreichender Wärmezufuhr bricht die Kette auseinander.*
>
> *Wenn Cyclohexan erhitzt wird, lockern sich die Teilchen und können freier schwingen, bis sie sich ganz lösen und als Dampf aufsteigen.*

Bei der Frage, woraus die Blasen bestehen, die sich bei Sieden von Ethanol bilden, antworteten sogar 72 % der Schüler mit einem Bindungsbruch. Die Schüler gaben an, dass die Blasen aus Wasserstoff (31 %), Sauerstoff (23 %), Ethan und Wasserdampf (7 %) oder Kohlenstoffdioxid (6 %) bestanden. Die hier gefundenen Ergebnisse entsprechen de-

12 Die folgenden Daten stammen aus der Auswertung der Studie, die in Marohn (2008b) beschrieben ist. Einige Daten sind nicht veröffentlicht, sondern wurden der Autorin von A. Marohn zur Verfügung gestellt.

nen der Frage, woraus die Blasen beim Kochen von Wasser bestehen (vgl. z. B. Osborne & Cosgrove, 1983; Heredia, Xu & Lewis 2012).

Verdampfen als chemische Reaktion

7 % aller Schüler beschrieben das Sieden von Neopentan als Reaktion mit Luftsauerstoff:

> *Wenn Neopentan zum Sieden gebracht wird, dann spalten sich die H-Atome ab und verbinden sich mit dem Sauerstoff zu Wasser. Die C-Atome verbinden sich ebenfalls mit Sauerstoff und es entsteht Kohlenstoffdioxid.*
>
> *Das Neopentan und der Sauerstoff verbinden sich und es entsteht ein völlig neuer Stoff.*

Die Vorstellung, dass ein Verdampfungsprozesses als chemische Reaktion gesehen wird, findet sich auch z. B. bei Bridle & Yezierski (2012) sowie bei Ahtee & Variola (1998).

Verdampfen als Aufblähen der Moleküle

Einige Schüler (2 %) beschrieben den Siedevorgang als Ausdehnen der Moleküle.

> *Die Zwischenräume zwischen den C- und den H-Atomen vergrößern sich. Das gesamte Molekül dehnt sich aus.*

Obwohl diese Schülervorstellung in den vorliegenden Studien nicht in dem Maße wie die vorher beschriebenen auftrat, stellt sie eine Vorstellung dar, die thematisiert werden sollte. Sie tritt in anderen Studien im Kontext der Teilchentheorie (Teilchen werden makroskopische Eigenschaften gegeben, wie beispielsweise das Ausdehnen) (Brook, Briggs & Driver 1984 nach Kind 2004; Happs 1980 nach Kind 2004) und des Schmelzens auf (Brook et al. 1984 nach Kind 2004).

Mögliche Ursachen

Wie stabil wissenschaftlich nicht anerkannte Vorstellungen sind, zeigt auch die Tatsache, dass sie sogar bei angehenden bzw. schon ausgebildeten Lehrern vorliegen (Chang 1999; Kruger & Summers 1989; Coştu 2006; Borsese & Leite 2007). Somit kann neben den lebensweltlichen Konstruktionen der Schüler auch die Person des Lehrers mit ihren Erklärungen und Instruktionen als Quelle für mögliche Schülervorstellungen gesehen werden. Weiterhin können sie in missverständlichen Abbildungen begründet sein. Dies bezieht sich zum einen auf die Qualität der Abbildungen an sich (Gopal et al. 2004), zum anderen aber auch auf die Abbildungen im Kontext ihres jeweiligen Einsatzes: In deutschen Chemieschulbüchern wird häufig in den Anfangsjahren das einfache Teilchenmodell verwendet, welches nicht zwischen Atomen, Ionen und Molekülen unterscheidet. Hier sind beispielsweise die Wassermoleküle als Kugeln dargestellt, deren Abstand sich vergrößert, wenn das Wasser verdampft. Im Laufe der Schulzeit wird das Dalton-Modell eingeführt, in dem nun zwischen verschiedenen Teilchenarten unterschieden wird. Was den Schülern im Kopf bleibt, ist die Abbildung: Beim Verdampfen vergrößern sich die Abstände der Ku-

geln zueinander. Auf das Dalton-Modell übertragen heißt es aber: Beim Verdampfen vergrößern sich die Abstände der Atome zueinander (Marohn 2008b). Dies kann sowohl die Vorstellung des Ausdehnens der Moleküle als auch des Brechens kovalenter Bindungen zur Folge haben. Die chemische Reaktion als Deutung eines Verdampfungsvorgangs liegt unter Umständen in der Tatsache, dass die chemische Reaktion die zentrale Stellung im Chemieunterricht einnimmt, sodass fast „reflexhaft" von einer chemischen Reaktion als typischer Vorgang ausgegangen wird (Marohn 2008b).

2.2.2 Schülervorstellungen zum Lösevorgang

Wie auch der Verdampfungsvorgang ist der Lösevorgang ein Phänomen, das Kinder bereits in frühen Jahren kennenlernen, z. B. wenn Zucker oder Salz in Wasser gelöst wird. Die Erklärungen für das phänomenologische „Verschwinden" einer Substanz in Wasser wird von jüngeren Schülern häufig mit dem tatsächlichen Verschwinden des Stoffes erklärt (Driver 1985; Butts & Smith 1987; Mendoza 1996; Leite, Mendoza & Borsese 2007). Im Laufe der Schulzeit werden die Schülervorstellungen differenzierter und komplexer, da Aspekte wie das Teilchenmodell und Energetik einbezogen werden (vgl. z. B. Nussbaum 1985; Driver 1985). Die Forschung in den höheren Jahrgängen fokussiert entsprechend eher Konzepte auf die molekulare Ebene, wie beispielsweise auf die Interaktion der Teilchen von zu lösendem Stoff und Lösungsmittel (Prieto, Blanco & Rodriguez 1989) und Sättigungsgrade (Pinarbasi & Canpolat 2003), auf energetische Aspekte (Blanco & Prieto 1997; Liu et al. 2002) oder auf den Massenerhalt (Holding, 1987). Grüß-Niehaus (2010) entwickelte im Rahmen seiner Dissertation eine Kategorisierung von Schülervorstellungen zum Lösevorgang. In Tabelle 3 sind die häufigsten Schülervorstellungen aus der Literatur zusammengefasst.[13]

Tab. 3: Schülervorstellungen zum Lösen (nach Grüß-Niehaus 2010, S. 77-78)

Schülervorstellungen zum Lösen
Reaktion Beim Lösevorgang reagieren der zu lösende Stoff und das Lösungsmittel miteinander. Dabei kann sich die Reaktion sowohl auf die Stoffebene als auch auf die Teilchenebene beziehen. Es wird dabei eine neue Verbindung gebildet.
Schmelzen Gelangt das Solute in ein Lösungsmittel, so schmilzt es. Dabei kann sich das Schmelzen sowohl auf die Stoffebene als auch auf die Teilchenebene beziehen.

13 Die verwendeten Studien sind: Fensham & Fensham 1987; Longden, Black & Solomon 1991; Tien, Teichert & Rickey 2007; Abraham et al 1992; Calyk et al. 2005; Ebenezer & Erickson 1996; Ebenezer 2001; Kelly et al. 2007; Liu & Lesniak 2006; Prieto, Blanco & Rodriguez 1989; Selley 2000; Abraham et al., 1994; Calyk, 2005; Calyk et al., 2005a; Fellows, 1994; Kabapinar et al., 2004; Schmidt et al. 2003; Prieto & Blanco, 1997; Pfundt, 1981.

Schülervorstellungen zum Lösen
Verdampfen Gelangt das Solute in ein Lösungsmittel, so verdampft es und das Wasser bleibt zurück oder die gesamte Lösung verdampft.
Transfer Das Lösungsmittel bekommt Eigenschaften vom Solute übertragen.
Adsorption Das Lösungsmittel saugt das Solute auf.
Teilchenerzeugung Die kleinsten Teilchen des Solutes entstehen in willkürlicher Weise während des Lösevorgangs.
Raumnutzung Während des Lösevorgangs besetzt das Solute Freiräume im Lösungsmittel.

Die meisten der Studien beziehen sich auf Lösevorgänge, die den Probanden aus dem Alltag bekannt sind, wie das Lösen von Salz oder Zucker in Wasser. Marohn (2008b) fokussierte in ihrer Studie gerade nicht die alltäglichen Beispiele, sondern vor allem Lösungen verschiedener Alkane ineinander. Auch bezüglich dieser Thematik war das Ziel, elementare Vorstellungen zu finden.[14]

Lösen als Bindungsbruch
Eine halboffene Frage der Studie lautete:

Hexan und Cyclohexan sollen in Heptan gelöst werden. Welche Aussage trifft zu?

- □ Hexan löst sich besser als Cyclohexan
- □ Cyclohexan löst sich besser als Hexan
- □ Hexan und Cyclohexan lösen sich gleich gut
- □ Hexan und Cyclohexan lösen sich nicht.

Bitte begründen Sie Ihre Antwort ausführlich!

Zur Veranschaulichung waren die jeweiligen Moleküle als Strukturformel angegeben. Die häufigste Kategorie war *Stabilität/Bindungsbruch* mit 29 % aller Schüler antworten. 28 dieser 29 % konkretisierten die Antwort durch die Argumentationskette: Der Ring ist stabiler als eine Kette → bricht schwerer auseinander → ist schlechter löslich.
Ein Schüler sagte beispielsweise:

> *Da das Cyclohexan wegen der Ringform stabiler ist als das Hexan, löst sich Hexan besser in Heptan. Cyclohexan ist in sich stabiler, weil jede CH_2-Gruppe jeweils zwei Bindungen tätigt und es keine „Randgruppe" gibt. Deshalb ist es schwieriger, die Bindungen zu zerstören bzw. aufzutrennen.*

14 Die folgenden Daten stammen aus der Auswertung der Studie, die in Marohn (2008b) beschrieben ist. Einige Daten sind nicht veröffentlicht, sondern wurden der Autorin von A. Marohn zur Verfügung gestellt.

Bei der entsprechenden Frage, jedoch mit Cyclohexan als Lösungsmittel, entsprachen 49 % aller Schüler der Kategorie *Stabilität/Bindungsbruch*. Alle diese Schüler argumentierten mit: Ring ist stabiler als Kette → bricht schwerer auseinander → schlechter löslich. Neben keiner Antwort (18 %) und Nebenargumenten, die nicht zuzuordnen waren, war die Kategorie *van-der-Waals-Kräfte* mit nur 14 % die nächsthäufige inhaltliche Kategorie (wobei die Begründungen ebenfalls wissenschaftlich nicht anerkannt sein mussten).
Die Frage der Löslichkeit von Hexan bzw. Neohexan in Heptan wurden von 12 % der Schüler der Kategorie *Stabilität/Bindungsbruch* zugeordnet. Hier läuft die Argumentation konträr zur vorigen Aufgabe. Die Argumentationskette lautet hier: Längere Kette → instabiler/bricht leichter auseinander → ist besser löslich. Die Begründung eines Schülers lautete:

> *Da die Kräfte beim Hexan schwächer sind, ist die Löslichkeit größer. Das Hexan bricht einfacher auseinander, da es durch seine Länge nicht so einfach innere Bindungen aufbauen kann.*

Lösen als chemische Reaktion

Auf die offene Frage, was passiert, wenn man Hexan in Cyclohexan löst, antworteten 46 % gar nicht. Aufgrund der ansonsten hohen Beteiligung und ausführlichen Antworten liegt die Vermutung nahe, dass fast die Hälfte der Schüler keine Vorstellung zu diesem Vorgang hat. 26 % der Schüler wurden der Kategorie *Reaktion* zugeordnet. Sie konkretisierten dieses beispielsweise mit einem Ringschluss von Hexan zu Cyclohexan (10 %), mit einer Angliederung von Hexan- an Cyclohexanmolekülen (4 %) oder einer Bildung von Dodecan (4 %). Nur 20 % aller Schüler sprachen von einer Mischung; von diesen 20 % konkretisierten 8 % die Aussage, indem sie auf ähnliche van-der-Waals-Kräfte verwiesen.
Der Lösevorgang von Ethanol in Wasser scheint den Schülern bekannter zu sein: Hier referierten 30 % der Schüler auf *intermolekulare Kräfte*, 26 % gaben keine Antwort. Ebenfalls 26 % wurden der Kategorie *Reaktion* zugeordnet.

Mögliche Ursachen

Die Gründe für die in den verschiedenen Studien gefundenen Vorstellungen der Schüler liegen wie bei dem Verdampfungsvorgang zum einen in der Komplexität der Thematik sowie in der Lehrperson, die selbst wissenschaftlich nicht anerkannte Konzept verinnerlicht hat. Jedoch können sich Lehrpersonen und Schüler auch nicht auf Schulbücher verlassen, da diese Flüssigkeiten und Lösungen häufig fragmentarisch oder sogar inkorrekt darstellen (De Posada 1999 nach Leite, Mendoza & Borsese 2007; Leite 1999). Eine häufige Abbildung aus dem Anfangsunterricht zeigt eine Lösung im einfachen Teilchenmodell als Mischung verschiedener Kugeln, beispielsweise Zuckerteilchen in Wasserteilchen. Wird das einfache Teilchenmodell durch das Dalton-Modell erweitert, stehen Kugeln nun

für Atome. Rückblickend wird die Abbildung umgedeutet und nun als Mischung verschiedener Atome gesehen (Marohn 208b).
Über die Themen Lösevorgänge und Verdampfungsvorgänge hinweg sind als elementare Schülervorstellungen festzuhalten:

- Lösen und Verdampfen als Bindungsbruch
- Lösen und Verdampfen als chemische Reaktion (mit Luftsauerstoff)
- Verdampfen als Ausdehnen/Aufblähen der Moleküle

Entsprechend dieser Literatur- und Datenbasis ist ein Ziel dieser Arbeit, Lernmaterialien zur Unterrichtskonzeption choice^{2}learn zu entwickeln, um eine Konzeptentwicklung zu initiieren (vgl. Kap. 2.1.3).

2.2.3 Schülervorstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften

Ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es, neben dem „Was" der Naturwissenschaften auch das *Wie* der Naturwissenschaften zu thematisieren (AAAS 1993). Wie gelangen wir zu Erkenntnissen? Wie können wir uns sicher sein über das, was wir zu wissen glauben? Dies sind nur zwei Fragen aus dem Bereich *nature of science* - im Deutschen mit Wesen der Naturwissenschaften übersetzt.[15]
NOS kann als Metawissen über Wissen und Wissenschaft beschrieben werden. Je nach Fachrichtung oder gesetztem Schwerpunkt wird dieses Metawissen unterschiedlich definiert, sodass eine allgemeingültige Definition bislang nicht formuliert werden konnte und auch wenig sinnvoll erscheint. McComas, Clough & Almazroa (1998) beschreiben eine Gebrauchsdefinition und verdeutlichen darin die vielfältigen Einflüsse verschiedener Fachrichtungen:

> *The nature of science is a fertile hybrid arena which blends aspects of various social studies of science including the history, sociology, and philosophy of science combined with research from the cognitive sciences such as psychology into a rich description of what science is, how it works, how scientists operate as a social group and how society itself both directs and reacts to scientific endeavors. (S. 4)*

Je nach Fokus kann im Bereich NOS beispielsweise untersucht und beschrieben werden, was Wissenschaft ist, wie sie funktioniert, welche Denk- und Arbeitsweisen, welche epistemologischen und ontologischen Grundlagen es gibt sowie welchen Einfluss soziale und kulturelle Aspekte haben (Clough 2010). Neben dieser Weitläufigkeit und vielen verschiedenen Definitionen besteht in den Naturwissenschaftsdidaktiken jedoch weitgehend Einigkeit über sieben Charakteristika von NOS. So gilt für naturwissenschaftliche Erkenntnisse, dass sie

15 Von der ursprünglichen Übersetzung als Natur der Naturwissenschaften wird mittlerweile immer mehr abgesehen, da der Begriff der Natur ein in der Sache inhärent seiende Eigentümlichkeit impliziert (Hofheinz 2008, 2010).

- auf Empirie beruhen,
- vorläufig sind,
- auf Schlussfolgerungen basieren,
- auf Theorien basieren/von ihnen abhängen,
- in einer „Kultur der Wissenschaft“ verankert sind,
- sie nicht auf *der* wissenschaftlichen Methode beruhen (- diese gibt es nicht) und
- kreative Konstrukte darstellen (Kishbaugh, Cessna et al. 2012).

Diese sieben Charakteristika sind es auch, die Abd-El-Khalick, Bell & Lederman (1998) für Schüler oberer Jahrgänge als relevant ansehen. Ein adäquates Verständnis von NOS ist ein grundlegender Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung (McComas & Olson 1998). Das Wissen über die Entstehung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie über die Personen, die diese Erkenntnisse begründet haben, ermöglicht Schülern, Erkenntnisse als soziale Konstruktionen anzuerkennen. Gleichzeitig bietet sich die Möglichkeit, sowohl Motivation als auch Interesse der Schüler bezüglich der Naturwissenschaften zu steigern und Argumentationen im naturwissenschaftlichen Kontext zu fördern (McComas et al. 1998).

In dem Bereich Erkenntnisgewinnung der Kernkompetenzen des Landes NRW für den Chemieunterricht werden naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in Kompetenzerwartungen für Schüler formuliert. So sollen die Schüler beispielsweise Fragestellungen entwickeln, Thesen generieren, Experimente planen und durchführen und diese mit Hilfe geeigneter Modelle auswerten. Dabei sollen Schüler „an ausgewählten Beispielen die Bedeutung, aber auch die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Regeln, Gesetze und Theorien beschreiben“ (MSK NRW 2013, S. 58) sowie am Ende der Oberstufe „bedeutende naturwissenschaftliche Prinzipien reflektieren sowie Veränderungen in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.“ (S. 58) Die von Abd-El-Khalick et al. (1998) geforderten Kompetenzen werden in den Kernkompetenzen nicht in Gänze explizit genannt.

Wie wenig Einzug die Thematisierung von NOS in den Unterrichtsalltag gefunden hat, zeigt für den deutschsprachigen Raum beispielsweise eine Studie von Hofheinz (2008): Der Prätest der durchgeführten Interventionsstudie zeigte überwiegend ein „*naives naturalistisch-empiristisches Naturwissenschaftsverständnis*“ (S. 242; Hervorhebung in Original), das von Vorstellungen der direkten Zugänglichkeit der Natur und universellen Erkenntnissen geprägt ist. Auch im internationalen Raum gibt es zahlreiche Studien zu Schülervorstellungen bezüglich NOS (z. B.: Akerson & Donnelly 2010; Constantinou, Hadjilouca & Papadouris 2010; Dogan & Abd-El-Khalick 2008; Hammer 1994; Khishfe & Lederman 2007; Kim & McKinney 2007; Leach, Hind & Ryder 2003; Lin, Chiu & Chou 2004; Ryder, Leach & Driver 1999; Sadler, Chambers & Zeidler 2004; Tsai & Liu 2005; Vhurumuku, Holtman, Mikalsen & Kolsto 2006). Deng, Chen, Thai & Chai (2011) stellen in einer Metaanalyse zehn Aspekte von NOS vor, zu denen Schülervorstellungen erhoben

wurden. Die Aspekte können jeweils aufgeschlüsselt werden in eine Art Kontinuum, das sich zwischen zwei Polen aufspannt: Ein Pol wird als positivistisch/empiristisch bezeichnet (vgl. Bell 2006, Lederman 2007) und die entsprechenden Schülervorstellungen als naiv und inadäquat. Der andere Pol stellt die konstruktivistisch/relativistische Sichtweise dar. Die hier eingeordneten Vorstellungen gelten als adäquat und informiert. Die zehn Kontinua nach Deng et al. (2011, S. 970-971) sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Schülervorstellungen zu NOS (Deng et al. 2011, S. 970-971)

Schülervorstellungen zu NOS
Quelle der Erkenntnisse Source of scientific knowledge ranges from knowledge as transmitted from authority figures (e.g., scientists, textbooks, and teachers) to as constructed by individuals.
Kreativität The imaginative/creative nature of science ranges from scientific knowledge as free of human imagination/ creativity to as a product imagination and creativity.
Theorieabhängigkeit The theory-laden nature of science ranges from science as unaffected by scientists' personal backgrounds to as influenced by their existing theories/biases.
Empirie Empirical nature of scientific knowledge ranges from scientific knowledge as based on logic/faith to as derived from observations and data.
Naturwissenschaftliche Methoden The nature of scientific method ranges from acknowledging a universal step-by-step scientific method to appreciating multiple methods for solving scientific problems.
Beobachtung und Schlussfolgerung The nature of and distinction between observation and inference ranges from an inability to coordinate theory and evidence to an awareness of the difference between them.
Theorie und Gesetz The nature of and relationship between theories and laws ranges from assuming a hierarchical relationship between theories and laws to treating them as two kinds of knowledge representations independent from each other.
Veränderlichkeit des Wissens The changing nature of scientific knowledge ranges from scientific knowledge as unchanged to as tentative (but relatively stable).
Kohärenz des Wissens The coherent nature of scientific knowledge ranges from scientific knowledge as a collection of isolated pieces to as unified system of interrelated concepts and principle.
Soziale und kulturelle Verankerung The socially and culturally embedded nature of science ranges from as irrelevant with society and culture to as affected by social and cultural factors.

Die soziale und kulturelle Verankerung beinhaltet die Arbeit als soziale Tätigkeit. Dennoch soll dieses näher erläutert werden. Solomon (1993) fand bei Schülern im zehnten

Jahrgang vier typische Vorstellungen eines Wissenschaftlers: der verrückte Wissenschaftler, der ohne explizites Ziel experimentiert; der autoritäre Wissenschaftler, der erklärt und testet; der technische Wissenschaftler, der prüft und verbessert, sowie der intellektuelle Wissenschaftler, der Ideen entwickelt und diese anhand von Experimenten testet. Der typische Wissenschaftler ist männlich und arbeitet alleine. Gerade die Vorstellung des Einzelgängers widerspricht der tatsächlichen Arbeitsweise, die geprägt ist von der Arbeit im Team sowie übergreifenden Diskussionen über Tagungen oder Zeitschriften.

Mögliche Ursachen

Die Ursachen für Schülervorstellungen im Bereich NOS sind vielfältig. So ist der naturwissenschaftliche Unterricht bis heute geprägt von linear geplanten Verläufen, die von einem Problem über eine These und ein Bestätigungsexperiment zu einer Erkenntnis gehen (Gröger, Schar, Schmitz & Krause 2002; Höttecke 2008). Dieser Weg wird von den Schülern auf die Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften übertragen. In diesen Unterrichtsszenarien wird häufig vernachlässigt, wie es zu dem Wissen kam, das vermittelt werden soll, wie es empirisch erforscht werden kann oder welche alternativen Methoden es zur Erforschung gibt (Driver, Newton & Osborne 2000). Die Kreativität der Wissenschaftler, die Vorläufigkeit der Erklärungen oder auch erforschende Arbeiten, deren Ergebnis Wissenschaftler nicht zu interpretieren vermögen, werden dabei außer Acht gelassen (Tunner & Sullenger 1999).

Unterstützt werden wissenschaftlich nicht anerkannte Vorstellungen von Lehrbüchern, die häufig in ihrem ersten Kapitel *die* naturwissenschaftliche Methode erläutern als schrittweiser, linearer Vorgang von einer Beobachtung über eine These zu deren Verifikation oder Falsifikation in einem Experiment (Kishbaugh et al. 2012). Bezüglich des Wissens präsentieren sie zwar Veränderungen, spiegeln jedoch dabei zu wenig die Dynamik wider, die diesen Veränderungen zugrunde lagen (Duschl 1990). So schreibt Postman (1995):

> *[..] textbooks are concerned with presenting the facts of the case [..] as if there can be no disputing them, as if they are fixed and immutable. And still worse, there is usually no clue given as to who claimed these are the facts of the case, or how "it" discovered these facts [..] Knowledge is presented as a commodity to be acquired, never as a human struggle to understand, to overcome falsity, to stumble toward the truth. Textbooks, it seems to me, are enemies of education, instruments for promoting dogmatism and trivial learning. They may save the teacher some trouble, but the trouble they inflict on the minds of students is a blight and a curse. (S. 116)*

Wie auch Schülervorstellungen zu Fachinhalten des Chemieunterrichts sind wissenschaftlich nicht anerkannte Konzepte bezüglich NOS schwierig zu verändern. Verschiedene Studien belegen die Chance, diese Vorstellungen zu verändern, wenn sie explizit thematisiert werden (Khishfe & Abd-El-Khalick 2002; Hofheinz 2010). Differenter wird die Forschungslage bei der Frage, ob auch eine implizite Thematisierung über die Gestaltung

der Instruktionen und Aktivitäten eine Veränderung hervorruft. Es scheint zumindest dahingehend möglich zu sein, dass auch der traditionelle Unterricht implizit Vorstellungen über NOS generiert - wenn auch wissenschaftlich nicht anerkannte (Höttecke 2008). Khishfe & Abd-El-Khalick (2002) und Meichtry (1992) konnten bei einer impliziten Instruktion keine positive Veränderung der Konzepte feststellen.[16] Hofheinz (2010) verglich in einer Interventionsstudie explizite mit impliziter Instruktion. Obgleich die Gruppe mit expliziter Thematisierung einen größeren Lernerfolg verzeichnete, erlangten auch die Schüler, die es implizit lernen sollten, adäquatere Vorstellungen. Obwohl die Forschungslage in die Richtung geht, dass eine reflektierende und explizite Thematisierung die einzig mögliche ist, um Konzepte zu NOS zu verändern, kann an dieser Stelle kein eindeutiges Fazit gezogen werden.

2.3 Kommunikation und Argumentation

> *If you dip your toe in the water of argument studies, you realize that you're on the edge of a small sea, and that in turn the sea is connected to bigger seas of rationality - the seas you were aware of turn out to be connected to oceans: diverse in their view of the nature of rationality, diverse in their stance on the relationship between rationality, action, and feeling; and, inevitably, informing different views of argument (the phenomenon) and argumentation (the process of arguing). (Andrews 2005, S. 108)*

Andrews (2005) besticht mit dieser Analogie, die die Forschungslandschaft der Argumentation mit einer verzweigten Seenlandschaft vergleicht, die sich bis hin zu verschiedenen Ozeanen erstreckt. Daher beginnt dieses Kapitel mit der Beantwortung einer grundlegenden Frage: Was hat Kommunikation mit Chemieunterricht zu tun? Wieso die Mühe, sich in Bezug auf den Chemieunterricht in die verzweigte Seenlandschaft zu begeben? Oder konkret gefragt: Wie kann man das argumentative Gespräch im Chemieunterricht begründen?

Zum einen kann man es begründen mit Erkenntnissen aus der Lehr-Lern-Forschung, die besagen, dass Argumentationen helfen, tiefergehendes Wissen zu entwickeln (z. B. Bransford, Brown & Cocking 1999). Zum anderen kann es auch begründet werden über ein Ziel des Chemieunterrichts, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu vermitteln, die auch geprägt sind von argumentativen Gesprächen. Beim Argumentieren in den Naturwissenschaften spielen sowohl erkenntnistheoretische als auch soziale Aspekte eine Rolle (Driver, Newton & Osborne 2000). Sozial ist das naturwissenschaftliche Wissen in dem Sinne, dass es stets eine soziale Konstruktion darstellt, die von Wissenschaftlern in einer sozialen Gemeinschaft entwickelt und diskutiert wird (Chin & Osborne 2010; Driver et al. 1994; Driver et al. 2000). Diese soziale Gemeinschaft ist kein „unbeeinflusster

16 Für weitere Literatur, in welcher eine reflektierte und explizite Thematisierung von NOS in der Schule gefordert wird, sei auf Khishfe & Abd-El-Khalick (2002) verwiesen.

Raum“: Das geteilte Wissen sowie die geteilten Werte selbst beeinflussen den Umgang der Wissenschaftler mit Argumenten. Weiterhin gilt die Gemeinschaft als Teil der Gesellschaft, die ebenfalls mit ihren zu der Zeit geteilten Vorstellungen und Werten Einfluss auf die Wissenschaftler ausübt. Die Erkenntnisse, die Wissenschaftler erlangen, leiten sich somit nicht direkt aus den Evidenzen ab, sondern gelten als Resultat eines Argumentationsprozesses:

> *[..] claims are seen to be grounded through processes of argumentation, where the function of argument is to construct plausible links between the imaginative conjectures of scientists and the available evidence. (Driver, Newton & Osborne 1999, S. 555)*

Diese Erkenntnisse gelten erst als anerkannt, wenn sie kommuniziert werden - im Fall der Naturwissenschaften meist durch Publikationen, die vorher ein Peer-Review-Verfahren durchlaufen haben. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass nicht das methodische Vorgehen im Sinne von Experimentieren und Beobachten die Basis von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ausmacht, sondern dass dieses eher als Werkzeug angesehen wird. Die eigentliche Basis von Erkenntnisgewinnung ist die „rational activity of constituting knowledge claims through argument.“ (Newton, Driver & Osborne 1999, S. 555)

Auf dieser Basis aufbauend, soll in den folgenden Abschnitten Kommunikation und Argumentation zum einen in ihrem ursprünglichen Kontext der Linguistik sowie in Kapitel 2.4 im Kontext des Chemieunterrichts betrachtet werden.

2.3.1 Kommunikative Aspekte

Gespräche bzw. allgemeine Kommunikation ist eine Form des Verhaltens. Sie ist dadurch von anderen Verhaltensformen zu unterscheiden, dass sie intentional, partnerorientiert und symbolisch verläuft.[17] Kommunikation setzt sich aus Sprachproduktion und Sprachrezeption zusammen. Fehlt einer der Bestandteile, ist keine Kommunikation möglich (Herrmann 1992). Ein Kommunikationsschema (Abb. 1) fasst Kommunikation in ihren wesentlichen Facetten zusammen. Vereinfacht dargestellt findet eine Kommunikation zwischen nur zwei Sprechern statt; eine entsprechende Erweiterung um mehrere Sprecher wäre aber auch hier möglich. Sprecher 1 und Sprecher 2 kommunizieren in einer Situation miteinander, die von jedem Sprecher aufgrund von „physischen, sozialen und psychischen Dimensionen“ (S. 198) konstruiert wird. Beide Sprecher sind beeinflusst von ihren jeweils eigenen Motivationen und Intentionen und bringen je ein eigenes Welt- und Sprachwissen mit, die sich zu einem mindestens kleinen Bereich überschneiden müssen.

17 Weiterhin sind verbale und non-verbale Kommunikation zu unterscheiden. Da im Folgenden der Schwerpunkt stark auf die sprachliche Kommunikation gelegt wird, wird von einer weiteren Thematisierung non-verbaler Kommunikation abgesehen. Für einen ersten Einblick sei an dieser Stelle z. B. auf Linke et al. (2004) verwiesen.

So besteht eine individuelle Situationsdefinition, die nicht in allen, aber in vielen Merkmalen mit der des Gegenübers übereinstimmt.

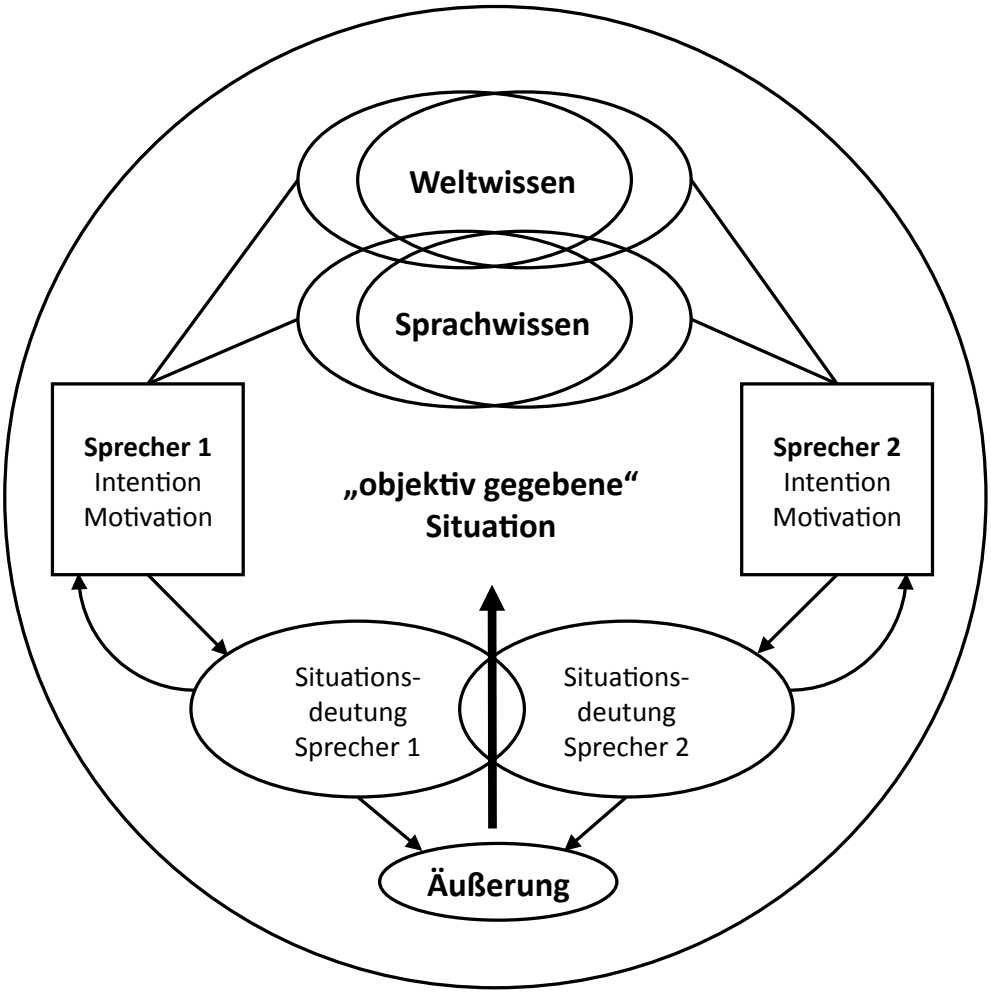


Abb. 1: Kommunikationsschema (nach Linke, Nussbaumer & Portmann 2004, S. 199)

Eine Äußerung wird auf Basis dieser Situationsdefinition getätigt bzw. gedeutet, das heißt, die Situationsdefinition hat Einfluss auf Entstehung und Rezeption der Äußerung. Eine Äußerung verändert aber auch die Situationsdefinition, das heißt, die Äußerungen und Situationsdefinitionen bedingen sich gegenseitig (Linke et al. 2004).
Entsprechend dieser Merkmale lässt sich ableiten, dass Kommunikation stets kontextabhängig ist und besonders auf dem Vorwissen der Handelnden beruht, welches hilft, Handlungen zu deuten und Handlungslücken zu schließen. Unterschiedliches Vorwissen, aber auch unterschiedliche Situationsdefinitionen resultieren daher in unterschiedlichen Deutungen des Gespräches. Obwohl objektiv beide Sprecher das gleiche Gespräch geführt haben, können sie verschiedene Aspekte verstanden haben, sich verschiedene Aspekte merken, neue unterschiedliche Bedeutungen konstruiert haben etc. Nach Clark & Carlson (1982) entstehen diese unterschiedlichen Bedeutungen besonders dann, wenn die Kommunizierenden nicht genügend passende Kenntnisse und Überzeugungen teilen. Dies geht bis hin zu einem Unverständnis des Gehörten bzw. des Gesagten:

> *[..] not all words submit equally easily to this appropriation, to this seizure and transformation into private property: many words stubbornly resist, others remain alien, sound foreign in the mouth of the one who appropriated them and who now speaks them; they cannot be assimilated into his context and fall out of it, as if they put themselves in quotation marks against the will of the speaker. (Bakhtin 1981, S. 293-294)*

2.3.2 Argumentative Aspekte

Eine besondere Form der Kommunikation ist die Argumentation. Die Beginne der systematischen Betrachtung liegen in der Antike. Es wurde unterschieden in Rhetorik (z. B. die Frage der adressatengerechten Präsentation) und der Topik (z. B. die Frage nach den ersten Prämissen). Die Art und Weise der Betrachtung bzw. Beschreibung von Argumentation folgte der *formalen Logik* (Lueken 2000). Eine Argumentation wird als abstrakter Gegenstand aus verschiedenen Sätzen verstanden, die Prämissen und Konklusionen bilden. Eine Konklusion ist gültig, wenn sie aus den Prämissen abzuleiten ist, wobei die Beurteilung der Gültigkeit lediglich von der Logik, nicht jedoch von den verschiedenen Positionen abhängt. Kritisiert wird diese formal-logische Perspektive unter anderem dahingehend, dass sie unabhängig von Kontext und damit von Personen sowie Situation bewertet wird. Aber gerade Situation und Personen im Sinne ihrer Kompetenz und Glaubwürdigkeit spielen bei Argumentationen sowie Argumentierenden eine entscheidende Rolle als Ausdruck argumentativer Vernunft (Lueken 2000). Weiterhin fehlt bei der Beurteilung über die Geltung eines Arguments die inhaltliche Ebene: Bei der formal-logischen Struktur geht es um die gültige Form - unabhängig von der Gültigkeit der Prämissen. In der Realität jedoch gibt es Schlüsse, die formal-logisch gültig sind, die jedoch dennoch nicht akzeptiert werden, da die Prämissen nicht anerkannt werden. Neben all diesen der Argumentationsstruktur inhärenten Kritiken gibt es eine pragmatische - nämlich, dass diese strukturelle Form der Argumentationen in der Realität selten zu finden ist.

An dieser Stelle setzt Toulmin (2003) als einer der in den Naturwissenschaftsdidaktiken am häufigsten zitierten Argumentationsforscher an. Toulmins Ziel war es, reale Argumentationen in ihren jeweiligen Kontexten zu beschreiben und damit die Fragen von guten/ schlechten Argumentationen in der Realität zu klären (Lueken 2000). Toulmin selbst verwendete den Begriff der *informalen Logik*, die betont, dass die Argumentationen, die in der Realität auftreten, mehr sind als Deduktionen aus Prämissen. Damit sind auch induktive oder abduktive Argumente potentiell gute Argumente (Toulmin 2003). Aus dieser ursprünglich rein philosophischen Intention entstand das als *Toulmin-Schema* bekannte Argumentationsschema eher als Art Nebenprodukt. Obwohl es heute - zum Teil in adaptierter Form - als Analyseschema verwendet wird, war es von Toulmin nicht als solches gedacht (Toulmin 2003).

Nach Toulmin setzte eine Art Neo-Pragmatismus ein, in dem die Argumentationen zuerst primär aus einem rhetorischem Blickwinkel betrachtet wurden. Besondere Beachtung

erhielt in diesem Zusammenhang die *Pragmadialektik* (van Eemeren & Grootendorst 1984). Der Begriff setzt sich zusammen aus Pragmatik und Dialektik: Die Pragmatik ist ein Teilgebiet der Linguistik, das als Lehre vom Zeichengebrauch bzw. Lehre vom Sprachhandeln definiert wird (Linke et al. 2004). Dialektik ist die Lehre des kritischen Dialogs (van Eemeren & Houtlosser 2000). In der Pragmadialektik wird Argumentation nicht im formal-logischen Sinne betrachtet, sondern als ein Phänomen sprachlicher Kommunikation (van Eemeren & Houtlosser 2000). Das Ziel dieses Ansatzes ist es unter anderem, Argumentationen in ihrer Realität zu beschreiben (van Eemeren & Houtlosser 2000). Ursprünglich galt der Ansatz als eine analytische Beschreibung eines argumentativen Diskurses in seinem Ideal - als ein Diskurs, der nur darauf abzielt, verschiedene Standpunkte zu vereinen (van Eemeren & Grootendorst 1984). Das Ziel der Einigung war diesem Standpunkt immanent, da es darum ging, zu analysieren, welche Argumente überzeugend waren und welche nicht. Gelingt eine Einigung nicht, geht es darum, mögliche Gedankenfehler aufzudecken, die die Argumentation in diesem Punkt zum Erliegen brachten (van Eemeren & Houtlosser 2000).

Die pragmatische bzw. pragmadialektische Analyse von Argumentationen bedeutet nicht, dass gute Argumente lediglich überzeugen müssen - unabhängig von ihrer Form. Sowohl van Eemeren & Houtlosser (2000) als auch Lueken (2000) sehen eine pragmadialektische Form der Beschreibung von Argumenten eher als Überwindung der Trennung von Rhetorik und Dialektik: Eine rein formale Beschreibung ist nicht sinnvoll, da die inhaltliche Ebene fehlt. Eine rein rhetorische Betrachtung ist nicht sinnvoll, da gute Argumente nicht nur überzeugen, sondern auch gültig sein sollten.

Je nach Theorie und Ansatz wird den Begriffen Argument und Argumentation eine unterschiedliche Bedeutung gegeben. Ein *Argument* bezeichnet meist ein statisches Moment. Es ist Bestandteil einer Argumentation und setzt sich - je nach Theorie - aus unterschiedlichen Elementen zusammen. Im einfachsten Fall wird ein Argument als Element gesehen, das eine Behauptung oder These stützt (Kuhn & Udell 2003). Nach der informalen Logik nach Toulmin besteht ein Argument aus sechs Elementen: Daten (data), Behauptung oder Konklusion (claim), Schlussregel (warrant), Stütze der Schlussregel (backing), Ausnahmebedingung (rebuttal) und modalen Operatoren (qualifier)[18]. Die nicht-strukturelle Sicht auf ein Argument fasst es weiter. So ist für Andriessen (2006) ein Argument „a move made in a dialogue in which two parties attempt to reason together“ (S. 445). Realisiert werden kann dieser Sprechakt beispielsweise in Form eines Belegs, wahr zu sein, oder als ein Schutz gegen Gegenargumente (Andriessen, Baker & Suthers 2003). Somit erweitert die pragmatische Sicht den Begriff des Arguments dahingehend, dass er primär inhaltlich bestimmt und nicht auf formale oder informale Logik bezogen wird.

18 Näheres zu diesem Schema siehe Kapitel 2.3.3.

Die *Argumentation* wird als Produkt oder Prozess gesehen. Als Produkt wird es über das Vorhandensein verschiedener essentieller Elemente betrachtet: im einfachsten Fall einer Behauptung und einer Stütze. Zusammen bilden sie eine Argumentation.
Als Prozess wird im Sinne einer speziellen Form der Kommunikation verstanden, wobei die Rahmenbedingungen und Charakteristika (monologisch vs. dialogisch; kollaborativ vs. dialektisch etc.) je nach Theorie unterschiedlich sind. Tabelle 5 fasst einige Sichtweisen in Kürze zusammen.[19] Die Definitionen stammen sowohl von Linguisten und Philosophen als auch von Naturwissenschaftsdidaktikern. Im Anschluss werden einige differente Aspekte näher erläutert.

Tab. 5: Ansätze zur Beschreibung von Argumentationen

Vertreter	Beschreibung/Definition
Toulmin (2003)	Elemente einer Argumentation: Daten, Schlussfolgerung, Schlussregel, Stützung, Ausnahmebedingung, modaler Operator. *Schlagwörter*: strukturelle Sicht, infomale Logik
Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz (2005)	„[..] the communication and evaluation of knowledge claims, the justification of claims by appeals to data, and the strategies for resolving issues opposing alternative positions. [..] Arguments are co-constructed in a collaborative effort among two or more participants. Arguments are produced by one person, but take into account other participants´ statements [..]“ S. 420 *Schlagwörter*: strukturelle Sicht, oppositionell, kollaborativ
Andrews (2010)	"Argumentation is the process of developing arguments, the exchange of views, the seeking and provision of good evidence to support the claims and propositions - the choreography of argument.“ (S. 39) *Schlagwörter*: strukturelle Sicht
van Eemeren & Grootendorst (2004)	„Argumentation is a verbal, social and rational activity aimed at convincing a reasonable critic of the acceptability of a standpoint by putting forward a constellation of one or more propositions to justify this standpoint.“ (S. 1) „[..] not to maximize agreement but to test contested standpoints as critically as possible by means of a systematic critical discussion of whether or not they are tenable.“ (S. 188) *Schlagwörter*: pragmatisch, pragma-dialektisch, oppositionell, Überzeugungsabsicht

19 Die Tabelle stellt keine gesamte Übersicht über mögliche Argumentationsdefinitionen vor, sondern soll lediglich beispielhaft Unterschiede und Gemeinsamkeiten verschiedener Ansätze verdeutlichen.

Vertreter	Beschreibung/Definition
Patronis, Potari & Siliotpoulou (1999)	„Argumentation is seen as a social process, where co-operating individuals try to adjust their intentions and interpretations by verbally presenting a rationale for their actions.“ (S. 747-748) *Schlagwörter*: pragmatisch, kooperativ, sozial, Rechtfertigung für Handeln
Kienpointner (1992)	Semantik der Argumentation geht kontinuierlich in Pragmatik der Argumentation über. Grund: Wahrheit/Wahrscheinlichkeit des Arguments und der Schlussregel und „damit die Plausibilität der Argumentationsschemata kann *nicht* unabhängig von gruppenspezifischen Gebrauchsregeln und speziellen Kontexten beurteilt werden.“ (S. 134) (Hervorhebung im Original) *Schlagwörter*: pragmatisch
Walton (1996)	„[..] an orderly sequence of exchanges between two participants where each participant has a goal and the dialogue, as a whole, has a goal“ (S. 23). *Schlagwörter:* pragmatisch
Leitão (2000)	"argument is pictured as a social activity, in the course of which individuals who hold contrasting positions attempt to convince each other of the acceptability of each adopted opinion.“ „[..] the presence of opposition at the core of the definition of argumentation stresses its dialectical nature. [..] it might be said that dialogue is realized through the presence of an imaginary addressee, one to whom argumentation is, or might be, directed and who provides the speaker with an element of opposition by anticipating some of the reactions which might come from an external audience.“ (S. 334) *Schlagwörter*: dialogisch, sozial, oppositionell, Überzeugungsabsicht
Chinn & Anderson (1998)	„[..] discussions in which participants present reasons and evidence for different positions. These discussions usually take the form of a conversation rather than a formal debate[..] [and] are rarely hostile or disputatious. Rather, the students generally treat each other respectfully, and their argumentation represents a collective search for reasons and evidence that sometimes leads them to change their minds." (S. 317) *Schlagwörter*: interaktive Argumentation, lösungsorientiert
Andriessen (2006)	"[..] argumentation in science is not oppositional and aggressive; it is a form of collaborative discussion in which both parties are working together to resolve an issue, and in which both scientist expect to find an agreement by the end of the argument.“ (S. 443) *Schlagwörter*: kollaborative Argumentation, lösungsorientiert

Neben strukturellen Unterschieden gibt es auch differente Sichtweisen bezüglich pragmatischer Aspekte. So wird beispielsweise von einigen eine Überzeugungsabsicht explizit als Element einer Argumentation gefordert (z. B. Leitão 2000; Riemeier, von Aufschnaiter, Fleischhauer & Rogge 2012; van Eemeren & Grootendorst 2004). Dieser Auffassung inhärent ist die Forderung nach einer oppositionellen oder zumindest alternativen Sichtweise, wie beispielsweise Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz (2005) und Leitão (2000) sie fordern. Die alternativen Sichtweisen können, müssen aber nicht unbedingt zu konfligierenden Argumentationen führen. So sehen Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz (2005) die Argumentation trotz oppositioneller Sichtweisen als kollaborativ an, mit dem Ziel, sich auf eine Sichtweise zu einigen bzw. oppositionelle Sichtweisen zu lösen. Andere Wissenschaftler wie Andriessen (2006), Chan (2000), Chinn & Anderson (1998) und Nussbaum (2008) gehen diesbezüglich einen Schritt weiter und setzen den Fokus ihrer Definition der Argumentation klar auf die Kollaboration. Erfolgreiche Zusammenarbeit, wie sie Andriessen (2006) aus der Naturwissenschaft benennt, ist gekennzeichnet durch gemeinsames Erarbeiten und Erörtern von Fakten und Evidenzen:

> *Interactive arguments need not be debates, where the participants try to win points, but can also be collaborative, where the participants work together to construct and critique different arguments. (Nussbaum 2005, S. 288)*

Diese Art des Gesprächs wird als kollaborative Argumentation bezeichnet. Selbst wenn Naturwissenschaftler nicht einer Meinung sind, haben sie eine gemeinsame Basis an Werten und Zielen, die sie gemeinsam vertreten bzw. erreichen wollen.

Weitere differente Meinungen bestehen darüber, ob bzw. wie man Argumentationen von Erklärungen unterscheiden kann. Als Vertreter für eine Unterscheidung sind beispielsweise Osborne & Patterson (2011) zu nennen. Als Unterscheidungskriterium sehen sie die Art eines Phänomens an:

> *Key to the distinction between explanation and argument is that an explanation should make sense of a phenomenon based on other scientific facts. [..] In an argument, however, there is not so much a feature or behavior to be explained but a claim to be justified - in the case of Wegner's explanation for the shape of the continents - whether the data were consistent with his proposed explanation. (S. 629)*

Eine Erklärung benennt demnach Gründe für ein Faktum, z. B. wieso Dinosaurier ausgestorben sind. Die Tatsache, dass Dinosaurier ausgestorben sind, gilt hier als allgemein anerkannt. Bei einer Argumentation stehen nach Osborne & Patterson (2011) keine Fakten zur Debatte, sondern eine Schlussfolgerung muss gestützt werden. Als Beispiel kann die Frage, ob Pluto ein Planet ist, genannt werden. Während in den Naturwissenschaften diese Differenzierung zu Recht getroffen wird, wird sie es in der Argumentationsforschung häufig zu Recht nicht: Sowohl Argumentationen als auch Erklärungen sind im allgemeinen Sinne Rechtfertigungen oder Stützen einer Aussage. Obwohl sie unter-

schiedliche Ziele verfolgen, treten sie beide auf, um Wissen zu generieren bzw. zu rechtfertigen (Berland & McNeill 2012).

> *As such, we see the two practices of explanation and argumentation as having a complementary and synergistic relationship. While the synergistic relationship between argumentation and explanation is most apparent in discussions, the written products of these two practices also overlap significantly. (Berland & McNeill 2012, S. 810)*

In der Linguistik bzw. Argumentationsforschung gelten auch Kommunikationen als Argumentation, deren Ausgangspunkt ein Faktum ist (vgl. dieses Kap. 2.3.2). Zwar in einem anderen Zusammenhang, aber dennoch unterstützend für diese Position schreibt Rühl (1999), dass nicht alle Kommunikationsteilnehmer einer Äußerung als Ausgangspunkt dieselbe Funktion zuordnen. Entsprechend verläuft ein Gespräch häufig gerade darüber, was eine „gültige, ‚verlässliche', ‚plausible', [sic] Information ist" (S. 6).

> *Gewissermaßen baut also nicht Argumentieren auf Information auf, sondern Information (allseits akzeptierte Schlussprämissen) ergibt sich erst aus dem Argumentieren. (Rühl 1999, S. 6)*

Schlussfolgernd gilt, dass Linguisten und Argumentationsforscher den Ausgangspunkt von Argumentationen häufig definieren als allgemein anerkannte Sachverhalte und somit entgegen der von Osborne & Patterson (2011) geforderten Sichtweise einordnen. In diesem Fall ist der epistemische Status einer Aussage (Erklärung vs. Stütze) nicht von Belang.

2.3.3 Modelle zur Beschreibung von Argumentationen

Im Folgenden soll ein Überblick gegeben werden über mögliche Modelle, um Argumentationen beschreiben zu können. Da eine Trennung von genuin linguistischen bzw. argumentationstheoretischen und naturwissenschaftsdidaktischen Modellen nicht sinnvoll ist, sei an dieser Stelle bereits auf Kap. 3 vorgegriffen und auch naturwissenschaftsdidaktische Modelle genannt und diskutiert.

Eines der bekanntesten Argumentationsschemata ist das von Toulmin (2003) (Abb. 2).

Die Daten stellen die Ausgangsposition dar, von der aus über eine Schlussregel eine Konklusion erschlossen wird. Die Schlussregel ist essentieller Bestandteil jeder Argumentation und stellt eine „allgemeine hypothetische Aussage[n], die als Brücke" (Toulmin 1975, S. 91) zwischen den Daten und der Behauptung dient, dar. Diese Schlussregel wird wiederum unterstützt bzw. abgesichert durch die Stütze. Sie wird durch Fakten oder beispielsweise rechtliche Grundlagen realisiert. Der „Weg" von den Daten zur Konklusion wird von einer Ausnahmebedingung begleitet, die die Gültigkeit der Konklusion in Frage stellen oder außer Kraft setzen kann. Dies wird durch modale Operatoren wie z. B. *vielleicht* umgesetzt.

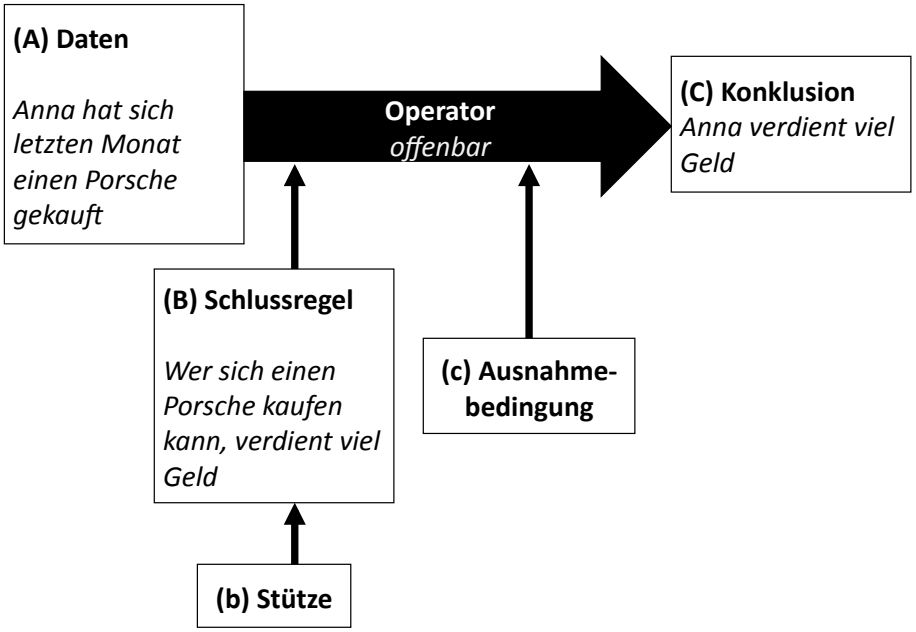


Abb. 2: Argumentationsschema von Toulmin (2003) (nach Linke et al. 2004 S. 274)

Aufgegliedert kann die Aussage „Offenbar verdient Anna mit ihrem neuen Job sehr viel Geld. Sie hat sich letzten Monat einen Porsche gekauft“ lauten:

> *Anna verdient mit ihrem neuen Job offenbar sehr viel Geld (C). Sie hat sich nämlich letzten Monat einen Porsche gekauft (A), und wenn man das einfach so macht, muss man ziemlich gut verdienen (B). So ein Flitzer kostet Unsummen, auch im Unterhalt (b). Es könnte natürlich auch sein, dass sie plötzlich die Million im Lotto gewonnen hat (c). Man weiß ja nie [modaler Operator]. (Linke et al. 2004, S. 274)*

Schon an diesem Beispiel wird deutlich, dass in realen Argumentationen höchst selten alle Bestandteile dieser Argumentation genutzt werden. Die Schlussregel wird meist als bekannt vorausgesetzt. Die Stütze wird meist nur dann verbal realisiert, wenn die Schlussregel - ob explizit genannt oder impliziert - angezweifelt wird (Linke et al. 2004).
In den Naturwissenschaftsdidaktiken wurde das Schema häufig - auch in adaptierter Form - angewendet, so beispielsweise von Erduran, Simon & Osborne (2004), Jiménez-Aleixandre, Bugallo & Duschl (2000), Salmon & Zeitz (1995) und Zohar & Nemet (2002). Vorteilhaft ist, dass durch die relativ häufige Verwendung die Ergebnisse verschiedener Arbeitsgruppen vergleichbarer sind[20]. Neben der Beschreibung von Argumentationen wird das Argumentationsschema in adaptierter Form genutzt, um die Qualität von Argumentationen zu beschreiben. Das Qualitätsmerkmal von Argumentationen ist in diesem Fall das Vorhandensein verschiedener Elemente. So wird beispielsweise von Erduran, Simon & Osborne (2004) ein stufenartiges Modell mit der Unterscheidung von Level 1 bis Level 5 vorgeschlagen: Level 1 wird Aussagen zugeordnet, in denen sich zwei verschiedene Schlussfolgerungen gegenüberstehen. Level 5 wird Aussagen zugeordnet, die ver-

20 Fraglich ist diese Vergleichbarkeit dahingehend, dass es kaum veröffentlichte Kodierleitfäden gibt. Eine Ausnahme stellen von Aufschnaiter, Fleischhauer, Rogge & Riemeier (2008) dar.

schiedene Elemente des Schemas aufweisen und als besonderes Qualitätsmerkmal mindestens zwei Ausschlussbedingungen bzw. Widerlegungen (rebuttals) enthalten.
In den letzten Jahren wurde der strukturelle, eher auf grammatische Aspekte abzielende Ansatz von Toulmin immer wieder kritisiert: Er ist nach Meinung anderer Wissenschaftler wenig geeignet, um Argumentationen in kollaborativen Arbeitsumgebungen zu erforschen und zu beschreiben. Gerade mit der Beschreibung dialogischer Strukturen kommt das Modell an seine Grenzen (van Eemeren & Grootendorst 1999).[21] Dies ist unter anderem darin begründet, dass es ein statisches Modell ist, welches die Veränderbarkeit von Aussagen im Laufe eines Gesprächs nicht vorsieht (Andrews 2005; Leitão 2001). Spezifisch in Hinsicht auf die naturwissenschaftsdidaktische Anwendung gilt zudem:

> *For the learning sciences, another serious problem is that the grammatical view ignores development (Leitão, 2001), as well as the higher level problem-solving nature of argumentative discourse (Voss, Tyler, and Yengo, 1983). (Andriessen 2006, S. 445)*

Statt des strukturellen Ansatzes besteht die Möglichkeit, Argumentationen auf Basis ihrer Dialektik zu beschreiben (vgl. z. B. van Eemeren & Grootendorst 1999; Kienpointner 1992; Walton 1996; 2001). Die pragmatische Sichtweise ist dahingehend zu rechtfertigen, dass eine rein semantische Beschreibung einer Argumentation nicht ausreicht, da die Wahrscheinlichkeit oder Richtigkeit eines Arguments und damit auch eines angewandten Argumentationsschemas nicht unabhängig von einer spezifischen Situation und ihren speziellen Gebrauchsregeln beurteilt werden kann (Kienpointner 1992). Durch pragmatische Ansätze ist es möglich, semantische Modifizierungen, die sich häufig im Laufe eines Gesprächs ergeben, zu untersuchen und zu beschreiben.[22] Walton gilt als Vertreter des pragmatischen Ansatzes und betrachtet Argumente und Argumentationen, wie sie in der Realität vorkommen, unabhängig von ihrer formalen Logik. Er beschreibt in seinem Ansatz - der *dialogue theory* - die erlaubten Sprechakte in Dialogen als abhängig von ihrem jeweiligen Kontext (Walton 2010). Diese Dialoge können anhand von sieben Typen realisiert werden, die jeweils unterschiedliche Ausgangspunkte und Ziele haben: persuasion,

21 Auch an dieser Stelle sei noch einmal angemerkt, dass Toulmin nicht das Ziel hatte, dialogische Strukturen argumentativer Gespräche zu beschreiben oder ein Analyseschema zu entwickeln. Daher beinhaltet diese Aussage keine Wertung über das von ihm entwickelte Schema, sondern lediglich über seine - von Toulmin nicht intendierte - Anwendung als Schema zur Analyse argumentativer Gespräche.

22 Etwas plakativ, aber verdeutlichend, lässt sich die pragmatische von der semantischen Sichtweise über den Gebrauchs des Adjektivs „scheinbar“ erklären. Im Alltagsgebrauch ist ein Satz wie „Scheinbar weiß er den Weg nicht.“ als Erklärung für ein verspätetes Eintreffen zu hören. Semantisch betrachtet, hieße dies, dass die Person den Weg weiß, jedoch seine Unkenntnis vortäuscht. „Scheinbar“ wird im Duden definiert als „aufgrund einer Täuschung [..] als Tatsache erscheinend, aber in Wahrheit nicht wirklich gegeben“ (http://www.duden.de/rechtschreibung/ scheinbar_imaginaer_vermeintlich). Gemeint ist im obigen Satz „anscheinend“, welches im Sinne von „dem [..] Anschein nach; offenbar“ (http://www.duden.de/rechtschreibung/anscheinend) genutzt wird. Im Sprachgebrauch werden die Wörter synonym verwendet. Eine Definition nach Duden stellt häufig eine kontextlose Beschreibung dar, die statt des tatsächlichen Sprachgebrauchs eher eine festgelegte Bedeutung postuliert. Auf die vorliegende Arbeit übertragen bedeutet dies, dass keine semantische Analyse durchgeführt, sondern eine pragmatische Sichtweise eingenommen wird, in der Wörter, Sätze und Sprechakte in ihrem jeweiligen Kontext und auf Basis ihres Gebrauchs analysiert werden.

inquiry, discovery, negotiation, information-seeking, deliberation und eristic dialogue (vgl. Tab 6).
Diese Typen sind nach Walton & Krabbe (1995) idealisierte Darstellungen, die in realen Situation ineinander übergehen bzw. sich überlagern. All diese können theoretisch genutzt werden, um kollaborativ zu argumentieren.

Tab. 6: Dialogtypen (Walton 2010, S. 3)

Type of dialog	Initional situation	Participant´s goal	Goal of dialogue
Persuasion	Conflict of opinion	Persuade other party	Resolve or clarify issue
Inquiry	Need to have proof	Find and verify evidence	Prove (disprove) hypothesis
Discovery	Need to find an explanation of facts	Find and defend a suitable hypothesis	Choose best hypothesis for testing
Negotiation	Conflict of interest	Get what you most want	Reasonable settlement both can live with
Infomation-Seeking	Need information	Acquire or give information	Exchange information
Deliberation	Dilemma or pracitcal choice	Co-ordinate goals and actions	Decide best available course of action
Eristic	Personal conflict	Verbally hit out at opponent	Reveal deeper basis of conflict

Andriessen lehnt sich an den pragmatischen Ansatz von Walton an und entwickelte ein ähnliches Schema für Gespräche im naturwissenschaftlichen Unterricht. Wie auch in den Naturwissenschaften argumentieren Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht primär, um andere von ihrer Meinung zu überzeugen, sondern um ein gemeinsames Ziel zu erreichen und Sachverhalte zu klären (Andriessen 2006; Walton 1989). Das bedeutet nicht, dass es nicht hier auch Versuche der Überzeugung oder Angriffe auf Argumente geben kann. Jedoch ist das übergreifende Ziel nicht, das Gegenüber im Sinne eines Duells zu besiegen. Empirisch gefunden von Andriessen (2006) wurden in Kleingruppendiskussionen von Schülern am häufigsten die *critical discussion* und *explanatory inquiry* mit folgenden Charakteristika (Tab. 7):

Tab. 7: Charakteristika von kollaborativen Dialogen in Kleingruppen (Andriessen 2006, S. 9)

	critical discussion	explanatory inquiry
Starting point	difference of opinion	lack of knowledge
Goal of dialogue	goal of accommodation; understanding of different viewpoints	correct knowledge
Method and means	balance-of-considerations	cumulative steps
Participants goal	persuading others; sharing understanding	solution; conclusion

Zu den Dialogtypen nach Walton gibt es hier keine direkte Übereinstimmung. Vergleichbar in ihren Ausgangspunkten im Sinne verschiedener Meinungen sind critical discussion und persuasion; der Schwerpunkt der critical discussion liegt jedoch eher auf dem gemeinsamen Erarbeiten einer Lösung, dem Abwägen verschiedener Meinungen, wohingegen es bei Walton & Krabbe eher um das Überzeugen des Gegenübers geht. Der explanatory inquiry entspricht in ihrem Ausgangspunkt in etwa der discovery: Es besteht eine Wissenslücke, die es zu schießen gilt. Während bei Walton & Krabbe der Fokus erneut auf einem Verteidigen der eigenen These liegt, fand Andriessen empirisch als Ziel einer Diskussion das gemeinsame, korrekte Wissen.
Im Gegensatz zu Toulmin ist es über den Ansatz Waltons (und entsprechend Andriessens) möglich, Gespräche in Hinblick auf Struktur und Inhalt zu charakterisieren. Wird eine qualitative Bewertung einer Argumentation angestrebt, so ist es zumindest für die Sichtweise von Andriessen sinnvoll, diese auf Basis der Kollaboration und damit des Beitrags zur Konversation zu tätigen (vgl. Grice 1975). In diesem Zusammenhang besteht nach Wissen der Autorin noch kein operationalisierter Ansatz wie bei der Adaption von Toulmin; fraglich ist auch, ob dieses möglich ist, wenn der Fokus auf der Pragmatik und damit auf der Prozesshaftigkeit und Kontextualität bewahrt bleiben soll.[23]

2.3.4 Zwischenfazit zu Kommunikation und Argumentation

Die linguistische Forschung sowohl zu Kommunikation im Allgemeinen als auch zu Argumentation als einer besonderen Form der Konversation hat eine lange Tradition und differenziert sich in nahezu unzählige Teilbereiche auf. Mit den vorliegenden Kapiteln wurde ein Ausschnitt gewählt, der für die vorliegende Arbeit relevant ist, jedoch in dem Bewusstsein, eine stark verkürzte Darstellung gewählt zu haben.
Im Folgenden wird die Argumentation als besondere Form der Kommunikation angesehen. Das kleinste vollständige Element einer Argumentation ist ein Argument. Dieses wird definiert als eine Einheit aus Behauptung und einer Aussage, die diese Behauptung stützt. Die formale Natur dieser Stütze ist nicht relevant und kann beispielsweise in Form einer Begründung oder eines Beispiels realisiert werden. Eine Stütze kann im Gespräch

23 Es gibt verschiedene weitere Ansätze, um die Qualität von Argumentationen zu bewerten. An dieser Stelle seien lediglich drei in aller Kürze beschrieben.
Downing entwarf ein Argumentationsschema (Naylor, Keogh & Downing 2007), mit dem die Qualität von Argumentationen von Grunschulkindern gemessen werden soll. Dieses enthält sieben Level, von Level 1 - Schüler können oder wollen nicht diskutieren - bis Level 7 - Schüler bewerten die Evidenzen und fällen ein Urteil. Insgesamt ist es ähnlich der Adaptionen von Toulmin auf strukturelle Aspekte fokussiert.
Sandoval (2003) bewertet die konzeptuelle und die epistemologische Qualität anhand von kontextabhängigen Kriterien: Die konzeptuelle Qualität wird danach beurteilt, ob Schlussfolgerungen genannt und diese begründet sind (ähnlich den Adaptionen von Toulmin); die epistemologische Qualität anhand der Fragen, ob genügend Daten vorliegen, um Schlussfolgerungen zu stützen, ob kohärente kausale Stützen beschrieben werden und ob, wenn möglich, Belege angemessen referiert werden.
Zohar & Nemet (2002) beurteilen die Qualität basierend auf Inhalt und Struktur der genannten Rechtfertigungen/Stützen, indem sie den Inhalt der Rechtfertigungen bewerten von Level 1 - keine Beachtung wissenschaftlichen Wissens - bis Level 4 - Anwendung korrekten wissenschaftlichen Wissens. Die Akkuratheit der Schlussfolgerungen an sich wird nicht bewertet.

vor einer Behauptung stehen, welche sich erst im Laufe des Gesprächs in Form einer Schlussfolgerung realisiert.

Eine Argumentation ist ein Gespräch, in dem eine offene Frage oder ein Problem zur Diskussion steht, an deren Lösung gearbeitet wird. Diese Arbeit erfolgt auf Basis von Evidenzen sowie auf Basis sozialer Zusammenarbeit. Das angesprochenen Gespräch kann sowohl dialogisch, also zwischen zwei oder mehr Personen ablaufen, als auch monologisch in dem Sinne, dass eine Person verschiedene Sichtweisen betrachtet und gegeneinander abwägt. Argumente können sowohl von einer Person geäußert als auch von verschiedenen Personen ko-konstruiert werden. Eine Argumentation benötigt keine konfligierenden Meinungen, sondern lediglich eine offene Frage bzw. einen zu klärenden Sachverhalt. Entsprechend wird der Arbeit die Definition von Andriessen (2006) zugrunde gelegt, in der die Argumentation als kollaborative Zusammenarbeit gesehen wird, die das Ziel hat, eine gemeinsame Lösung zu finden. In diesem Sinne benötigt es keine Überzeugungsabsicht einer begründeten Aussage, um zu einem Argument zu werden. Der Fokus der Arbeit liegt auf pragmatischen Aspekten, sodass von Argumentationsschemata/-modellen wie dem von Toulmin Abstand genommen wird.

Auch der von Patterson & Osborne (2011) geforderten Unterscheidung zwischen Argumentation und Erklärung wird nicht gefolgt. Berland & McNeill (2012) sehen statt eines Mehrwerts die Gefahr, dass der Fokus eher auf epistemische Unterscheidungen gelegt wird als auf bedeutungsvolles Lernen. Obwohl sie den epistemischen Unterschied anerkennen, verwenden sie den Begriff der Argumentation bei Lehrern und Schülern umfassend sowohl für Bedeutungskonstruktionen (als Erklärungsfindung von Fakten) als auch für eine Stützung dieser Erklärungen. Die theoretisch mögliche Unterscheidung wird in dieser Arbeit ebenfalls anerkannt, jedoch im Sinne des Pragmatismus sowie des fehlenden Mehrwerts für die Schüler nicht praktisch verfolgt. Diese fehlende Unterscheidung wird zudem auch durch die für das Land NRW zugrundeliegenden Beschreibungen der geforderten Kompetenzen gestützt (MSW NRW 2013).

Im folgenden Kapitel werden sowohl Erkenntnisse zu Gesprächsprozessen als auch zu Argumentationsprozessen dargestellt. Da die in den dargestellten Studien jeweils zugrundeliegende Definition von Gesprächen bzw. Argumentationen häufig different ist (zumeist jedoch in dem Sinne realisiert wird, dass unter dem Schlagwort der Gesprächsprozesse ebenfalls argumentative Aspekte gefasst werden), wird im Folgenden die in diesem Kapitel getätigte Unterscheidung von Kommunikation und Argumentation nicht verwendet. Soll die Argumentation untersucht werden, so ist dies nur im Kontext der Kommunikation möglich (Salmon & Zeitz 1995).

2.4 Argumentative Gespräche im Chemieunterricht

2.4.1 Argumentative Kompetenzen in den Bildungsstandards

Die bereits genannten Erkenntnisse zu sozialem Lernen, zur Kommunikation und zur Argumentation finden sich im Kernlehrplan des Landes NRW für das Fach Chemie (MSW NRW 2013). Allgemein wird am Ende der Oberstufe eine Handlungs- und Kommunikationsfähigkeit gefordert, um chemische Sachverhalte erschließen zu können. Dafür ist es Ziel des Chemieunterrichts, fachliche und fachmethodische Inhalte zu vermitteln, indem selbstständig sowie kooperativ gelernt und gearbeitet wird.

Die argumentativen Fertigkeiten sind eingebettet in die Kompetenzbereiche der Kommunikation sowie der Bewertung. So wird beispielsweise die Kompetenz des „produktiven fachlichen Austauschs[s]“ (S. 17) in der Beschreibung des Kompetenzbereichs Kommunikation genannt:

> *Kennzeichnend dafür ist, mit Daten und Informationsquellen sachgerecht und kritisch umzugehen sowie fachliche Ausführungen in schriftlicher und mündlicher Form verstehen und selbst präsentieren zu können [..] sowie bewährte Regeln der fachlichen Argumentation einzuhalten. (S. 17)*

Zudem bezieht der Kompetenzbereich auf die Methoden der Naturwissenschaften, eigene Ideen und Forschungsergebnisse offenzulegen und diese kritisch mit anderen zu reflektieren sowie andere Ideen kritisch zu reflektieren.

Für die vorliegende Arbeit sind von besonderer Bedeutung die Konkretisierungen für die Kommunikation sowie ein Aspekt der Bewertung (Tab. 8):

Tab. 8: Auszug aus dem Kernlehrplan Chemie (nach MSW NRW 2013, S. 58)

Kompetenzen aus den Bereichen Kommunikation und Bewertung
Die Schülerinnen und Schüler können…
K1 Dokumentation Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge
K3 Präsentation chemische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen
K4 Argumentation chemische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren
B2 Entscheidungen für Bewertungen in chemischen und anwendungsbezogenen Zusammenhängen kriterienengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen

Auf Basis von gewonnenen theoretischen und experimentellen Fertigkeiten sollen Phänomene untersucht werden. Mithilfe von Belegen sollen die Schüler in der Lage sein, Schlussfolgerungen aus Untersuchungen zu ziehen, diese argumentativ darzulegen und entsprechend aus verschiedenen möglichen Standpunkten auf Basis rationaler Entscheidungen ihre eigenen Meinung wählen und vertreten zu können (S. 11; S. 28).
Der Fokus in Bezug auf die argumentativen Fähigkeiten liegt allgemein auf der Intention, Schülern in einer evidenzbasierten Stützung von Thesen und Fakten zu fördern.

2.4.2 Gespräche im Klassenverband

Die soziokonstruktivistische Sicht auf das Lernen sieht die in Kapitel 2.3 beschriebene Kommunikationen im Klassenraum als Basis für Bedeutungskonstruktionen und damit von Lernprozessen (Varelas, Pappas, Kane, Arsenault, Hankes & Cowan 2008). Denkprozesse und Wissenserweiterung gelten als Ergebnis von Interaktionen in sozialen Kontexten und der Aneignung von sozial konstruiertem Wissen (vgl. Kap. 2.1; Vygotsky 1978). Die Schüler sind Teilnehmer einer Gemeinschaft, in der Wissen durch die Interaktion mit anderen Schülern oder der Lehrperson - und durch Sprache vermittelt - entsteht. Die Sprache ist entsprechend ein Werkzeug, durch welches sowohl Wissen als auch Denken gefördert werden kann (Mason 1998). Diese Förderung des Wissens bzw. des Wissenserwerbs kann mit dem englischen Begriff des *meaning making* übersetzt werden (im Folgenden als *Bedeutungskonstruktion* bezeichnet). Diese Bedeutungskonstruktion sollte im Unterricht realisiert werden in Form von sozialer Aktion, Diskursprozessen und kulturellen Praktiken: Die Lernenden kommunizieren miteinander, tauschen Vorstellungen und Ideen aus und beachten dabei spezielle Normen der sprachlichen und interaktiven Handlungen (Varelas et al. 2008). Diese sprachlichen Bedeutungskonstruktionen und entsprechende Gespräche sind im typischen naturwissenschaftlichen Unterricht bis heute nicht sehr präsent (Wells 1986; Sumfleth & Pitton 1998). Weder werden Schüler aufgefordert oder darin gefördert, naturwissenschaftliche Fragen zu stellen, noch werden sie von Lehrern aufgefordert, ihre Vorstellungen zu äußern oder zu erklären (Wells 1986; vgl. auch Sumfleth & Pitton 1998 und Ford & Cargo 2012). Es gibt kaum Gruppenarbeiten, in denen diskutiert wird, oder Diskussionen über offene Fragen (open-ended questions). Somit haben die Schüler kaum eine Möglichkeit, sich eigener Ideen bewusst zu werden und diese zu erkunden und zu reflektieren (Nystrand 1997).
Nach dem in Kapitel 2.3.1 beschriebenen Kommunikationsschema (Abb. 1) ist ein Gespräch nur möglich, wenn eine ähnliche Situationsdefinition vorliegt und ähnliches Vorwissen aktiviert wird. Lehrern ist es im Klassengespräch jedoch nicht möglich, diese Situationsdefinition bei jedem Schüler zu testen und gegebenenfalls mit der eigenen abzugleichen. Das Resultat dieser Lehrer-Schüler-Kommunikation ist kein *echtes* Gespräch, sondern ein Scheingespräch (Sumfleth & Pitton 1998). Ein typisches Beispiel dafür - und gleichzeitig die wohl häufigste Gesprächsform im Naturwissenschaftsunterricht - ist die

Triade (triadic dialogue (Lemke 1990)): Eine Frage des Lehrers - eine Antwort eines Schülers - eine Bewertung des Lehrers. Diese Triade lässt keinen Raum für eigene Ideen (Wells 1986; Applebee, Langer, Nystrand & Gamoran 2003). Stattdessen impliziert sie eine dem Lehrer bekannte Antwort, denn dieser ist in der Rolle, die Schülerantworten als richtig oder falsch zu evaluieren (Herrenkol & Guerre 1998; Rodriguez, Jiménez-Aleixandre & Duschl 2000; Sumfleth & Pitton 1998). Von den Schülern wird idealerweise erwartet, die Antwort ad hoc nennen zu können, da die Gespräche schnell und isoliert ablaufen und nicht Teil eines gemeinsamen Gruppenprozesses sind (Alexander 2008, Sumfleth & Pitton 1998). Problematische oder mögliche differente Sichtweisen sind nicht vorgesehen, sondern lediglich *eine* klare Antwort (Driver, Newton & Osborne 2000; Duschl & Osborne 2002).

Im naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland haben die Schüler einen Redeanteil von maximal 23 %, wobei diese Sätze häufig Ein- oder Zweiwortsätze sind. Durch diese kurzen Antworten ist es nicht möglich, Konzepte und mögliche Schwierigkeiten von Schülern zu erkennen (Sumfleth & Pitton 1998). Ford & Wargo (2012) benennen diese Art der Lehrer-Schüler-Kommunikation, die primär vom Lehrer zum Schüler gerichtet ist, in Anlehnung an Bakhtin (1981) als Monologismus. Statt dieser Form fordern sie ein dialogisches Lernen, welches multidirektional ausgerichtet ist. Nur über das dialogische Lernen ist gewährleistet, dass Schüler naturwissenschaftliche Konzepte verstehen in dem Sinne, dass sie in der Lage sind, ihr Wissen auf Phänomene anzuwenden, dass ihnen bewusst ist, dass ihr Konzept nur eine unter anderen ist, dass es aber auch anderen überlegen ist (Ford & Wargo 2012). Gerade für schwächere Schüler sind kommunikative Prozesse wichtig, in denen Ideen ausgehandelt, diskutiert und erforscht werden, damit sie den Unterrichtsinhalten folgen können (Applebee et al. 2003).

2.4.3 Interaktion und Kommunikation in kollaborativen Kleingruppen

Eine Möglichkeit des dialogischen Lernens sind Gespräche in Kleingruppen. Diese an sich sind jedoch auch kein Garant für einen Lernzuwachs, sondern bergen die Gefahr, wenig produktiv zu sein (Eichinger, Anderson, Palinscar & David 1991; Mercer 1995). Dawes (2004) nennt dafür zwei Gründe:

1. Das Gespräch wird als schwierig empfunden, da das Thema unbekannt und die Fachsprache zu wenig entwickelt ist.
2. Schülern fehlt das didaktische Wissen, um Mitschülern kleinschrittig im Lernprozess behilflich zu sein. Es ist wahrscheinlicher, dass sie einfach die Lösung präsentieren.

Eine Möglichkeit, mit der in Punkt (1) genannten Schwierigkeit der Fachsprache umzugehen, ist, Schüler ihre eigene Sprache verwenden zu lassen, um zu begründen, zu erklären und zu kommunizieren. Über diese Alltagssprache besteht ebenfalls die Möglichkeit,

chemische Bedeutungen zu konstruieren. Erst im Laufe der Schulzeit wachsen Schüler in die Sprache der Wissenschaft hinein und lernen die speziellen Denk- und Sprechweisen der Wissenschaftler kennen (Howe 1996). Damit ist nicht gemeint, dass im Klassenraum nur Alltagssprache gebraucht werden sollte - besonders Gee (2004) betont den großen Unterschied zwischen Alltagssprache und Sprache der Wissenschaftler und sieht die Alltagssprache als mögliche Irreführung auf dem Weg zu neuem Wissen. Eher ist damit gemeint, dass Lerner in die Art und Weise des wissenschaftlichen Diskurses hineinwachsen müssen, indem sie eine Brücke bauen zwischen ihrer Alltagssprache und dem wissenschaftlichen Diskurs (Varelas et al. 2008).

Allgemein ist die Schlussfolgerung aus den genannten Punkten nicht, keine Kleingruppengespräche einzusetzen, sondern dass die Schüler lernen müssen, in Gruppen kollaborativ zusammenzuarbeiten. Dafür muss dem Lehrer bewusst sein, dass die Arbeit in Gruppen mehr ist als eine Sitzordnung. Fehlt dieses Bewusstsein, entstehen schnell Probleme:

> *[..] children become 'freeloaders' or 'suckers', or gang up on others; rejection and domination create argument; there is polarization between boys, girls, and those of different ability; 'classroom isolates' will be rejected; children talk out of turn, hinder others, are slow, idle, untidy or move out of their seats to disturb other pupils and the teacher. (Dawes 1994, S. 683-684)*

Die Gründe für dieses Verhalten liegen zum Teil darin, dass Schüler im Unwissen darüber gelassen werden, wieso sie in bestimmten Gruppen zusammensitzen, was das Ziel dieser Arbeit ist und wieso sie davon profitieren können, mit ihren Mitschülern zu sprechen. Die Effektivität von Gruppenarbeiten hängt entsprechend davon ab, wie sie kommuniziert wird (Dawes 1994).

Diesen kritischen Stimmen gegenüber besteht bei vielen Wissenschaftlern geradezu eine Euphorie, was Kleingruppenarbeiten und Kleingruppengespräche angeht (Chan 2001). Kleingruppengespräche bieten in kollaborativen Umgebungen motivierende Möglichkeiten, Wissen zu generieren und zu reflektieren (Mason 2001a; Rivard & Straw 1996; Schraw, Crippen & Hartley 2006). Die Schüler können ihre Vorstellungen äußern und diese mit denen der Mitschüler vergleichen. Indem Gründe für die eigenen Vorstellung und gegen eine andere Vorstellung genannt sowie mögliche Gegenargumente entkräftet werden, werden eigene und fremde Vorstellungen erkundet und evaluiert (Varelas et al. 2008; Mason 1998).

Wie laufen Gesprächsprozesse ab? Hundertmark (2013) analysierte in ihrer Studie unter anderem Gesprächsprozesse von in Partnerarbeit kollaborativ arbeitenden Schülern einer siebten Klasse. Hier bestätigen sich die Erkenntnisse Andriessens (2006), dass Schüler eher kollaborativ miteinander sprechen als sich argumentativ anzugreifen. Jedoch fanden sich kaum argumentative Gespräche im Sinne einer Erörterung verschiedener Positionen mit dem Ziel einer Einigung; die Gespräche beschränkten sich eher auf das Vorstellen verschiedener Konzepte, gefolgt von der Zustimmung oder dem Widerspruch des

Partners. Fleischhauer (2013) beschreibt ähnliche Erkenntnisse, stellt jedoch im Vergleich zur achten Klasse bei einer elften Klasse vermehrt Einwände und Einschränkungen fest, die entsprechend als mögliche Qualitätsmerkmale gelten können.

Die Erkenntnisse bedeuten nicht, dass ein Argumentieren mit Schülern jüngerer Jahrgänge nicht möglich ist. Es gibt Hinweise, dass ein spezielles Argumentationstraining auch Schülern in niedrigeren Jahrgängen hilft, entsprechende Kompetenzen zu entwickeln: Über ein Training, welches Schülern mittels einfacher Kriterien aufzeigt, wie kollaborative Gespräche funktionieren, gelingt es Schülern, Strategien zu entwickeln, um herauszufinden, welche Vorstellungen ihre Mitschüler haben und wieso. Sie verstehen, dass sie und die Gruppe von einer Kollaboration profitieren und können ihre Mitschüler effektiv unterstützen (Dawes 1994).[24] Ebenso konnten Reznitskaya, Anderson, McNurlen, Nguyen-Jahiel, Archodidou & Kim (2001) mit Schülern in einer fünften Klasse zeigen, dass eine Unterrichtseinheit, in der der Lehrer explizit mit ihnen Argumentationsstrategien übt (Position einnehmen, Begründung und Evidenz nennen, Gegenargumente nennen, Fragen stellen etc.), in dem Sinne erfolgreich ist, dass Schüler in einem abschließenden Essay signifikant mehr Argumente, Gegenargumente, Widerlegungen und Textbezüge nannten als Schüler einer Kontrollgruppe.

Möglicherweise erwerben die Schüler diese Kompetenzen nicht nur durch explizite Thematisierung, sondern auch schon durch aktive Anwendung. So konnten Kuhn, Shaw & Felton (1999) in ihrer Studie zeigen, dass kollaborative Interaktion sowohl einen Lernprozess in Bezug auf Fachwissen als auch in Bezug auf argumentative Fähigkeiten initiieren kann. Das Argumentieren in Partnerarbeit über mehrere Wochen befähigte die Schüler, in Argumentationen mehrere Seiten zu betrachten und mehr funktionale Argumente zu nennen (vgl. auch Hatano & Inagaki 1991). In der Anwendung und Förderung kollaborativer Argumentationen darf dabei die Argumentation nicht als Selbstzweck verstanden werden, sondern muss stets eingebunden sein in einen thematischen Kontext, der zum Ziel hat, Sachverhalte zu verstehen und dieses Verstehen mit anderen Schülern zu teilen (Andriessen 2006).

Im Vergleich zu kompetitiven Gesprächen zeichnen sich kollaborative durch eine höhere Anzahl an Sprecherwechseln sowie einer höhere Anzahl an Äußerungen aus, die durch Mitschüler vervollständigt werden (Salmon & Zeitz 1995). So konnte auch Chan (2001) zeigen, dass erfolgreiche Schülergruppen Argumente ko-konstruieren und auf dieser Basis interpretative Gespräche führen. Die konstruierten Argumente innerhalb einer Schülergruppe sind aus Sicht formaler oder informaler Logik unvollständig (Salmon & Zeitz

24 Das Training basiert auf den Kriterien für ein *expository talk* von Mercer (1995 nach Dawes 1994, S. 685):
- *All relevant information is shared.*
- *All members of the group are invited to contribute to the discussion.*
- *Opinions and ideas are respected and considered.*
- *Everyone is asked to make their reasons clear.*
- *Challenges and alternatives are made explicit and are negotiated.*
- *The group seeks to reach agreement before taking a decision or acting.*

1995). Gerade Schlussregeln und Stützen werden eher impliziert als genannt. Dies impliziert keine negative Wertung, sondern entspricht der Konversationsmaxime der Quantität von Grice (1975), die besagt, dass ein Redebeitrag keine uninformativen Aussagen beinhalten soll - und Schlussregeln und Stützen werden jedoch häufig als allgemein bekannt bzw. als zu erschließen vorausgesetzt. Auch die Konversationsmaxime der Relevanz wird beachtet, sodass das Gespräch thematisch fortläuft, ohne durch irrelevante Gesprächsbeiträge gestört zu werden. Wird in einem Teil des Gesprächs eine Übereinstimmung erreicht, wird das Gespräch fortgesetzt. Somit werden auch hier keine irrelevanten, überflüssigen Gesprächsbeiträge geäußert. Eine Verschiebung des Schwerpunkts bzw. der Thematik eines Gespräches wird zumeist dann beobachtet, wenn Meinungsverschiedenheiten auftreten: Diese werden zwar thematisiert, jedoch nicht im Sinne einer aggressiven Tendenz, sondern meist im Kontext von Zugeständnissen und dem Ziel einer Klärung. Dies verdeutlicht die kollaborative Art von Schülergesprächen in Kleingruppenarbeiten (Salmon & Zeitz 1995).

Die hier genannten Chancen und Probleme verdeutlichen die Tatsache, dass sich eine Gruppe, die sich mit Vorstellungen und Ideen auseinandersetzt, automatisch auch mit sich selbst auseinandersetzt. Diese soziale Auseinandersetzung ist beeinflusst vom Status und den Fähigkeiten jedes einzelnen Schülers, welche wiederum von Geschlecht, Selbstbild und sozialem und akademischem Status abhängen. Je höher der soziale und akademische Stand eines Schülers, desto höher werden sie innerhalb einer Gruppe angesehen. Dies äußert sich in häufigeren Sprechakten sowie darin, dass ihre Ideen und Standpunkte häufiger von Mitschülern und Lehrpersonen aufgegriffen werden (Moje & Shepardson 1998). Ebenso beteiligen sich Schüler, die im Vergleich zu ihren Mitschülern bereits mehr Kompetenzen in Bezug auf wissenschaftliches Argumentieren besitzen, häufiger am Gespräch und erhalten so mehr Praxis und Rückmeldung (Eichinger et al. 1991). In gegenteiliger Richtung kann es passieren, dass sich Schüler aufgrund einer Gruppenzusammensetzung in Bezug auf ihre Argumentationen verschlechtern (Solomon 1989).

Die ideale Gruppengröße für Kleingruppengespräche ist nicht endgültig geklärt und vermutlich abhängig von Gruppe und Kontext (Webb 1989; Needham 1987). Typisch für ein Gespräch ist, dass bei mehr als zwei Teilnehmern sich zwei engagieren, während ein Dritter schweigt (Salmon & Zeitz 1995). Dies wird unterstützt durch ein Ergebnis von Fleischhauer (2013), in dessen Studie die relativen Gesprächsanteile von Schülern in einer Dreiergruppe zwischen 20 und 80 % lagen. Die Rolle des „Dritten“ variiert während des Gesprächs (Salmon & Zeitz 1995).

2.4.4 Zusammenhang von argumentativen Gesprächen und Konzeptentwicklung

Kollaboratives Argumentieren bietet sich an als Möglichkeit, dass Schüler ohne wettbewerbsähnliche und überredende Aspekte interagieren. Statt des trägen Wissens, welches durch monologisches Lernen aufgebaut wird, bietet ein Lernen über Argumentationen die Möglichkeit, bestehende Vorstellungen zu reflektieren, mit neuen Ideen zu vernetzen und auf diese Weise anwendbares Wissen zu erlangen (Brown, Collins & Duguid 1989). Somit nähert sich das Argumentieren dem Konstruieren von Bedeutungen und der Suche nach Konsens an (Berland & Lee 2012), welches in der englischsprachigen Literatur als *arguing to learn* bezeichnet wird (Andriessen 2006). Verschiedene Studien konnten bereits den positiven Einfluss des Argumentierens auf einen Lernprozess (u. a. Alvermann, Hynd & Qian 1995; Duschl, Ellenbogen & Erduran 1999; Mason 1996, 2001a) oder auf eine Veränderung von Vorstellungen zeigen (Berland & Lee 2012).

Kollaborativ zu argumentieren und dabei zu lernen bedeutet, als gemeinsames Ziel die Erarbeitung einer Lösung bzw. neuen Wissens zu haben; es bedeutet nicht, dass nicht verschiedene Meinungen vertreten und diese verteidigt bzw. angegriffen werden können. Ein möglicher Konflikt kann sogar hilfreich sein und eine Konzeptentwicklung anregen (Driver et al. 1994; Mason 1998; Baker 2004 nach Andriessen 2006). Dies geschieht jedoch nur, wenn er nicht in einem persönlichen Konflikt endet, sondern von allen Schülern als Lernchance angesehen wird: Wird das Argumentieren unter dem Gesichtspunkt *arguing to learn* gesehen, so ist es wichtig, dass Schüler zum einen lernen, Argumente und Schlussfolgerungen bestimmt vorzubringen, zum anderen aber sensibilisiert sind für die sozialen Aspekte, die das Argumentieren für sie und ihr Gegenüber bedeutet (Andriessen 2006). Ist das Ziel einer Gruppe, eine Einigung zu erlangen, so erreichen sie sowohl einen höheren Lernzuwachs als auch eine höhere Qualität der Argumentation (Felton, Garcia-Mila & Merze Gilabert 2009).

Bekannt ist, dass Kleingruppengespräche an sich noch keine Konzeptentwicklung initiieren. Welche Faktoren sind es aber, die einen Schüler zur Reflexion und Veränderung eigener Konzepte anregen? Als Faktoren werden in verschiedenen Studien Aspekte wie surface-deep (Biggs 1985), self-explanations (Bielaczyc, Pirolli & Brown 1995; Chi et al. 1994) und self-regulated learning (Winne 1997) genannt und mit diesen generell ein aktiver von einem passiven Lernprozess unterschieden.[25] Ähnlich den von Piaget (1970) und Posner et al. (1982) verwendeten Begriffen wird in der Lehr-Lernforschung zwischen assimilativen und problemzentrierten Lernen unterschieden (Bereiter & Scardamalia 1993; Chan 2001). Während beim assimilativen Lernen neue Informationen unreflektiert zu bestehendem Wissen hinzugefügt werden, werden diese beim problemzentrierten Ler-

25 Im konstruktivistischen Sinne ist ein Lernprozess immer ein aktiver Prozess, da der Schüler selbst beteiligt sein muss. In der hier genannten Konnotation wird aktiv und passiv unterschieden als unterschiedlicher Grad der Beteiligung.

nen als mögliches Problem gesehen, das diskutiert und geklärt werden sollte.[26] Die unterschiedlichen Herangehensweisen gelten als Prädiktor für den Lernerfolg (Chan et al. 1997) sowie für eine Veränderung von Vorstellungen (Chan 2001). Wird dieses Konzept des assimilativen bzw. problemzentrierten Lernens auf kollaborative Argumentationen angewendet, so bedeutet dies, dass einige Schüler Vorstellungen und Meinungen ihrer Mitschüler übernehmen. Andere Schüler arbeiten problemzentriert und sind eher bereit, Unstimmigkeiten in Vorstellungen zu erkennen und diese zu diskutieren. Die Bereitschaft, problemzentriert zu arbeiten und zu argumentieren, hängt positiv mit der Initiierung einer Konzeptentwicklung zusammen: Chan (2001) verglich die Diskursmuster von Schülern einer 12. Klasse in Partnerarbeiten, die eine Konzeptentwicklung aufwiesen, die jedoch unterteilt werden konnten in Gruppen mit höherem und geringerem Lernzuwachs. Insgesamt waren vier Diskursmuster zu erkennen:

1. „Surface-assimilation - Differences are ignored or conflated“ (S. 458)
2. „Stonewalling - Differences are rejected to minimize belief change“ (S. 459)
3. „Patching - Differences are compromised through using context-dependent examples“ (S. 460)
4. „Problem-centred inquiry - Differences are viewed as problems that need to be explained“ (S. 463)

Gruppen mit hohem und niedrigem Lernerfolg tätigten zwar gleich viele Aussagen, jedoch waren die Aussagen der Gruppen mit hohem Lernerfolg länger und elaborierter (23,3 % problem-centred) als bei Gruppen mit geringem Lernerfolg (4,8 % problem-centred). Ähnliches konnten Alexopoulou & Driver (1996) zeigen: Weniger erfolgreich lernende Gruppen wiederholten lediglich ihre Vorstellungen und Erklärungen, ohne sie zu hinterfragen, sodass die Diskussion im Kreis verläuft. Erfolgreich lernende Gruppen hingegen evaluieren ihre Vorschläge und Vorstellungen, indem sie beispielsweise Widersprüche äußern, und nähern sich so einer gemeinsamen Lösung an. Im Sinne einer Veränderung von Konzepten ist gerade das Bewusstwerden sowie das Reflektieren der eigenen Vorstellungen ein notwendiger Faktor (Mason 1994; Potvin, Mercier, Charland & Riopel 2012; Vosniadou 1994). Dementsprechend ist eine (zu schnelle) Assimilation von Informationen eher kontraproduktiv im Konzeptentwicklungsprozess und das problemzentrierte Gespräch dahingegen als ein anzustrebender Faktor gesehen (Andriessen 2006; Chan 2001; Okada & Simon 1997; Roschelle 1992). Als wichtige Elemente eines problemzentrierten Gesprächs gelten kritische Fragen, deren fachliche Klärung sowie widersprechende Aussagen, die evaluiert werden (Chi 1996; Graesser & Person 1994).

Diese Aspekte des problemzentrierten Gesprächs können erlernt und trainiert werden; Schüler, die an dem Training teilnahmen, verzeichneten einen höheren Lernerfolg als Schüler einer Kontrollgruppe (King, Staffieri & Adalgais 1998 nach Chan 2001). Andriessen (2006) spricht nicht vom problemzentrierten Gespräch, sondern von einem andau-

26 Vgl. auch Kap.2.1.4, in dem der Umgang mit anormalen Daten vorgestellt wird.

ernden Engagement in der Bearbeitung einer Aufgabe. Damit dieses Engagement bestehen bleibt, sind Eingeständnisse nötig in dem Sinne, dass Schüler ehrlich zugeben, wenn sie ihre Vorstellung ändern und sich haben überzeugen lassen. Während zu wenig kritische Betrachtung nicht förderlich für den Lernerfolg ist, sind jedoch Dialoge mit zu vielen Angriffen ebenfalls nicht unbedingt produktiv. Bei zu vielen Angriffen werden diese nicht immer in Hinblick auf ihre Bedeutung für die Aussage überprüft (Andriessen 2006).

Auch in Hinblick auf den Lernerfolg stellt sich die Frage nach einer idealen Gruppengröße. Alexopoulou & Driver (1996) verglichen Lern- und Gesprächsprozesse von Zweier- und Vierergruppen. Der Lernerfolg in Zweiergruppen hängt signifikant von der Einstellung einer Person zur Aufgabe sowie zu seinem Gegenüber ab: Erfolgreich gearbeitet haben nur die, die die Arbeit als kollaborativ und nicht als kompetitiv gesehen haben. In Vierergruppen treten Aspekte wie die Einstellung gegenüber der Aufgabe oder gemeinsame Ziele als Einflussfaktoren auf den Lernerfolg in den Hintergrund. Schwierigkeiten bezüglich der Interaktion werden durch die Gruppe reguliert und dadurch minimiert. In Vierergruppen wurden konfligierende Vorstellungen dahingehend produktiver genutzt als in Zweiergruppen, dass nicht die Suche nach einer Lösung im Vordergrund stand, sondern die Diskussion über diese verschiedenen Vorstellungen. Auch hier helfen konfligierende Vorstellungen nur, wenn sie als Chance zu lernen gesehen wird und nicht in einem persönlichen Konflikt enden. Im Ganzen arbeiteten Vierergruppen erfolgreicher als Zweiergruppen. Weiterhin waren die Schülergruppen erfolgreich, die zusammen arbeiten wollten; entsprechend kann der Lernerfolg von Schülern über selbstgewählte Gruppen eventuell gesteigert werden (Alexopoulou & Driver 1996).

Wie können nun Instruktionen aussehen, um Schüler im Argumentations- und Lernprozess zu unterstützen? Da Schüler in heutigen Unterrichtssituationen noch immer nicht gewohnt sind zu argumentieren (vgl. Kap. 2.4.3), ist es nötig, dass sie Nutzen und Notwendigkeit des Diskurses in diesem Kontext erkennen (Berland & Hammer 2012). Eine mögliche Unterrichtsstrategie ist es, Schülern eine Frage mit verschiedenen Antwortmöglichkeiten zu nennen, die es im Anschluss zu diskutieren gilt (Berland & Reiser 2011; Clark & Sampson 2007; Hatano & Inagaki 1991; Osborne, Erduran & Simon 2004). Werden Schüler im weiteren Unterrichtsverlauf mit anormalen Daten konfrontiert, die ihren Vorstellungen widersprechen, so werden sie in Partnerarbeit häufiger als problematisch angesehen und diskutiert. In Einzelarbeit ist wahrscheinlicher, dass sie assimiliert werden (Chan 2001). Der häufig angeführte Grund für die Ignoranz oder Umdeutung von anormalen Daten ist die Vermutung, dass es einfacher ist, Daten umzudeuten bzw. zu ignorieren, als eine eigene Vorstellung zu verändern (vgl. Chinn & Brewer 1998). Eine alternative Perspektive auf dieses Phänomen zeigt, dass Personen abhängig von ihrem Ziel eine Diskussion führen; ist das Ziel, diese zu gewinnen, anstatt gemeinsames Wissen zu

erarbeiten, sinkt die Fähigkeit bzw. Bereitschaft, sich mit Gegenargumenten als Form anormaler Daten auseinanderzusetzen (Mercier & Sperber 2011):

> *[..] people are quite capable of reasoning in an unbiased manner, at least when they are evaluating arguments rather than producing them, and when are after the truth rather than trying to win a debate. (S. 72)*

Wie eine Diskussion verläuft, ist letzten Endes abhängig von der jeweiligen Gruppe. Sie ist jedoch durch die Instruktionen der Lehrperson zu beeinflussen: Unterschieden werden generelle Ziele, wie bspw. die Einigung, und spezifische Ziele, wie beispielsweise das Generieren von Gegenargumenten (Nussbaum 2005). Je nach Vorgabe des Ziels, geraten andere Aspekte in den Hintergrund. So beleuchten beispielsweise Schüler bei der Vorgabe des Überzeugens in einer schriftlichen Argumentation weniger die Gegenposition, sondern konzentrieren sich auf Argumente, die die eigene Position stützen (Santos & Santos 1999). Die Vorgabe spezifischer Ziele ist in Instruktionen effektiver als die Vorgabe genereller Ziele, da sie den Schülern im positiven Sinne mehr Lenkung geben (Feretti, MacArthur & Dowdy 2000).

2.4.5 Zwischenfazit zu argumentativen Gesprächen im Chemieunterricht

Argumentative Kleingruppengespräche im Chemieunterricht können anhand zweier Aspekte gerechtfertigt und gefordert werden: Zum einen dienen sie dem Wissenszuwachs und der Konzeptentwicklung; dieses kann sowohl über Piagets Ansatz des kognitiven Konflikts (Piaget 1970) als auch über Vygotskys Ansatz des Lernens durch sprachliche Interaktion (Vygotsky 1978) begründet werden. Zum anderen dienen sie dazu, Schüler zu diskursfähigen Teilnehmern der Gesellschaft zu erziehen (MSW NRW 2013). Diese Diskursfähigkeit entsteht im Laufe der menschlichen Entwicklung nicht automatisch, sondern muss stetig gefördert werden.

Die bislang vorherrschende Gesprächskultur im naturwissenschaftlichen Unterricht ist die der Triade bzw. des Monologismus (Lemke 1990). Hier steht der Lehrer im Zentrum des Gesprächs, während die Schüler meist lediglich Ein- oder Zweiwortsätze als Antwort formulieren. Ein echtes Gespräch ist auf diese Weise kaum zu realisieren (Sumfleth & Pitton 1998). Tief gehende Gespräche, die eine Konzeptentwicklung initiieren können, finden vor allem dann statt, wenn sie kollaborativ und dialogisch sind (Wells 1999).

An der genannten Verzahnung von Sprache und Kognition (Kap. 2.4.4) wurde deutlich, dass Sprache und Kognition nicht unabhängig voneinander funktionieren:

> *Wenn ich in der Sprache denke, so schweben mir nicht neben dem sprachlichen Ausdruck noch ‚Bedeutungen' vor; sondern die Sprache selbst ist das Vehikel des Denkens. (Wittgenstein 1960, S. 411)*

Entsprechend sollen auch in dieser Arbeit Sprache und Konzeptentwicklung simultan untersucht werden, um Lernprozesse besser verstehen zu können (vgl. auch Applebee et al.

2003). Dabei wird davon ausgegangen, dass kollaborative Gespräche in Kleingruppen mit dem Ziel einer Einigung einen höheren Lernzuwachs initiieren können als kompetitive Gespräche. Eine explizite Nennung des Ziels der Einigung wird als hilfreich angesehen, um die Lerngruppe zu einer Kollaboration zu ermutigen. Eine Lerngruppe von drei bis vier Personen erscheint sinnvoll, um einen Diskurs zu ermöglichen, in dem verschiedene Vorstellungen verglichen und eruiert werden.

3 Die Unterrichtskonzeption choice²learn

Die Unterrichtskonzeption choice²learn wurde von Marohn (2008a) entwickelt und hat die zwei Hauptziele, Schülervorstellungen zu verändern und Gesprächsprozesse anzuregen. Die Konzeption richtet sich an Schüler der Oberstufe. Es werden Themen behandelt, die bereits im Laufe der Schulzeit behandelt wurden, zu denen jedoch häufig elementare Schülervorstellungen vorliegen. In diesem Fall werden ein Lösevorgang und ein Verdampfungsvorgang thematisiert (vgl. Kap. 2.2).

Der Konzeption zugrunde liegen verschiedene Kriterien. Die *pragmatischen Kriterien* sollen gewährleisten, dass die Konzeption von Lehrkräften eingesetzt wird:

1. Die Konzeption soll auf kurze Zeiteinheiten (Doppelstunde) beschränkt und flexibel im Laufe des Schuljahres einsetzbar sein.
2. Die Lehrkräfte sollten nicht angehalten sein, ihre geplanten Unterrichtsverläufe zu verändern, sodass sie eher bereit sind, selbstständig neue Konzeptionen einzusetzen (Northfield, Gunsten & Erickson 1996).
3. Es sollen ausgearbeitete Materialien zur Verfügung gestellt werden.[27]

Neben den pragmatischen Kriterien basiert die Konzeption auf *Kriterien der Konzeptentwicklungsforschung* sowie auf Erkenntnissen der *Lehr-Lern-Forschung*. An dieser Stelle sei auf Kapitel 2 verwiesen, in dem die Erkenntnisse ausführlich erläutert und im Zwischenfazit die hier zugrundeliegenden Standpunkte dargelegt wurden. Zusammengefasst sind die wichtigsten Kriterien in Bezug auf eine Konzeptentwicklung:

1. Die Schüler sollen sich ihrer Vorstellungen bewusst werden und diese reflektieren.
2. Zur Initiierung einer Konzeptentwicklung sollen
   a) kognitive Konflikte dienen, die über Lernimpulse oder über andere Schüler ausgelöst werden.
   b) die Schüler kollaborativ argumentieren und so verschiedenen Vorstellungen begründet stärken oder schwächen.
3. Die Schüler sollen lehrerunabhängig und selbstbestimmt arbeiten. Dabei können sie ihr Lerntempo in den Gruppen selbst bestimmen. Die Lehrkraft steht als Lernhelfer zur Verfügung.
4. Die Thematik soll in alltagsnahe Kontexte eingebunden sein.

In Bezug auf Gesprächsprozesse sind die wichtigsten Kriterien:

1. Die Schüler sollen in Kleingruppen arbeiten und so die Möglichkeit haben, miteinander zu interagieren und zu kommunizieren und so *echte* Gespräche zu führen (vgl. Kap. 2.4.2).

27 Veröffentlichte Materialien sind zu finden unter Marohn (2011; 2012a; 2012b) , Marohn & Egbers (2011), Egbers, Wischerath & Marohn (voraussichtlich 2015)

2. Das Ziel der Gruppenarbeit ist die Einigung auf ein Konzept; somit sollen die Schüler angeregt werden, kollaborativ verschiedene Vorstellungen zu eruieren und zu bewerten anstatt kompetitiv ihren Standpunkt zu verteidigen.
3. Die kollaborative Argumentation wird unterstützt durch Lernimpulse, die explizit dazu auffordern, anhand neuer Evidenzen Schlussfolgerungen zu ziehen.

Die Konzeption verläuft in fünf Phasen (Tab. 9), die im Folgenden unter Bezug auf einige Kriterien der Konzeptentwicklungsforschung erläutert werden sollen.

Tab. 9: Phasen der Unterrichtskonzeption choice²learn

Phase		Sozialform
I)	Kontextualisierung	Klassenunterricht
II)	Positionierung	Einzelarbeit
III)	Polarisierung/Diskurs/Lernimpulse	Kleingruppenarbeit
IV)	Reflexion	Unterrichtsgespräch
V)	Sicherung/Anwendung	Partnerarbeit

Kontextualisierung

Die Kontextualisierung erfolgt über eine kurze Geschichte, einen Text oder auch eine kurze Präsentation eines Phänomens. Im Rahmen der Studie fand die Kontextualisierung mittels kurzem schriftlichen Text statt, den jeder Schüler für sich lesen konnte. Der Kontext soll einen alltagsnahen und damit den Schülern bekannten Rahmen bieten und gewährleisten, dass das erworbene Wissen für die Schüler anwendbar ist. Weiterhin soll die Kontextualisierung für die Schüler motivierend wirken und Interesse wecken, da es ein Phänomen beschreibt, das die Schüler aus dem Alltag kennen.

Positionierung

In der Positionierung haben die Schüler die Aufgabe, eine Multiple-Choice-Aufgabe zu bearbeiten, die neben der wissenschaftlich anerkannten Vorstellung die entsprechenden häufigsten Schülervorstellungen als Distraktoren als Antwortmöglichkeiten anbietet. Konkret sind es die drei häufigsten Schülervorstellungen zum Verdampfen sowie die vier häufigsten Schülervorstellungen zum Lösen von Alkanen in Cycloalkanen. Durch diese Aufgabe wird bestehendes Wissen aktiviert und die eigene Vorstellung bewusst gemacht. Die Aufgabenzettel werden von den Schülern mit einer Kodierung versehen, sodass die Schüler sich der Anonymität sicher sein können und die Lehrperson nicht erfährt, welche Antwort ein Schüler gegeben hat. Somit ist gewährleistet, dass Schülern die Angst genommen wird, eine falsche Antwort zu geben, und eine Atmosphäre geschaffen, in der die Schüler sich auch trauen, Vorstellungen zu äußern. Es soll deutlich werden, dass es nicht

um eine Lernstandserhebung oder Wissenskontrolle geht, sondern um die Initiierung von Lernprozessen.

Polarisierung/Diskurs/Lernimpulse

Anschließend werden die Aufgabenzettel eingesammelt und anhand der Antwort Kleingruppen zusammengesetzt, sodass sich möglichst viele verschiedene Antworten in einer Gruppe treffen. In diesen Kleingruppen findet die Phase Polarisierung/Diskurs/ Lernimpulse statt. Das Ziel der Kleingruppenarbeit ist es, sich auf eine Auswahlantwort zu einigen. Dieses Ziel wird den Schülern zu Beginn der Unterrichtseinheit explizit genannt, sodass sie wissen, dass es nicht um das dauerhafte Vertreten einer Meinung im Sinne einer Überzeugungsarbeit geht, sondern um eine gemeinsame Entscheidung auf Basis von Evidenzen.

Die Schüler stellen sich anfangs ihre Antworten vor und begründen diese. An dieser Stelle wird den Schülern deutlich, dass es verschiedene Standpunkte in ihrer Gruppe gibt (*Polarisierung*). Sie beginnen, über die Antworten sowie die jeweiligen Begründungen zu diskutieren, stellen Überlegungen an, welche Antwort richtig oder falsch sein könnte, und nennen mögliche Begründungen für oder gegen Auswahlantworten (*Diskurs*). Als Strukturierungshilfe wird den Schüler hier ein Argumentationsbogen angeboten (vgl. Abb. 3).

Impuls-nummer	Argument	Spricht für Auswahl-antwort	Spricht gegen Auswahl-antwort	Bewertung des Arguments: stark + mittel o schwach -

Abb. 3 Ausschnitt aus dem Argumentationsbogen

Neben der Spalte *Argument* können die Schüler in zwei Spalten eintragen, für oder gegen welche Antworten ihre Argumente sprechen.[28] Somit haben sie ihre Argumentation stets im Blick. Weiterhin sollen die Bewertungskompetenzen gefördert werden, indem die Schüler die Stärke ihres jeweiligen Arguments bewerten können.

28 Begrifflich wurde bewusst der Ausdruck Argument für die Spalte des Argumentationsbogens gewählt, in der Schüler die Stütze eintragen. Dieser entspricht nicht der in der vorliegenden Arbeit gewählten Definition des Arguments, welches sich aus These und Stütze (zumeist in Form einer Begründung) zusammensetzt. In einer Erprobung der Konzeption in Einzelinterviews zeigte sich jedoch, dass es Schülern leichter fällt, den Argumentationsbogen zu verstehen, wenn die Spalte als „Argument" und nicht als „Begründung" oder „Grund" bezeichnet wird. Wissenschaftlich rechtfertigen lässt sich die Bezeichnung Argument als Teil einer Argumentation, die eine These/Position stützt und schwächt (vgl. Kap. 2.3.2).

Ohne weitere Hilfe ist dieser Diskurs in absehbarer Zeit erschöpft; an dieser Stelle können die Schüler *Lernimpulse* zu Hilfe nehmen. Diese werden ihnen in Form eines Heftes angeboten. Neben anfänglichen Gesprächsregeln bietet jede Seite des Heftes einen Lernimpuls. Über die Methode des Heftes ist gewährleistet, dass jeder Schüler den Lernimpuls vor Augen hat und sich direkt Notizen machen kann. Weiterhin haben die Schüler eine vorgegebene Reihenfolge, in der sie die Lernimpulse bearbeiten. Die Zeit für jeden einzelnen Lernimpuls können sich die Schüler frei einteilen, sodass sie ihr eigenes Lerntempo bestimmen können. Die Lernimpulse umfassen einfache Experimente, Fragen oder Sachinformationen.
Durch die Lernimpulse sowie die Zusammensetzung der Gruppen werden kognitive und soziokognitive Konflikte provoziert, die eine Konzeptentwicklung initiieren sollen. Anormale Daten werden häufig ignoriert oder umgedeutet, ohne das eigene Konzept zu verändern (Chinn & Brewer 1998). Durch die Zusammensetzung der Gruppen mit Gruppenmitgliedern unterschiedlicher Antworten wird angestrebt, diese Ignoranz bzw. Umdeutung zu vermindern.
Mithilfe der Lernimpulse ist es primär möglich, Antworten auszuschließen. So lernen die Schüler zum einen, dass überhaupt mehrere Thesen nebeneinander bestehen können, die von verschiedenen Personen vertreten werden. Um eine Erkenntnis zu stärken, wählen sie den in der Wissenschaft üblichen Weg der Falsifikation. Anschließend haben sie über einen letzten Lernimpuls die Möglichkeit, dieses Vorgehen des Ausschlussverfahrens sowie die Möglichkeit, Erkenntnisse zu beweisen, zu reflektieren.

Reflexion
Nach der Gruppenarbeit werden sowohl Weg als auch Ergebnis der einzelnen Gruppen im Plenum vorgestellt. An dieser Stelle können offene Fragen und unterschiedliche Ergebnisse geklärt werden, um die wissenschaftlich anerkannte Antwort im gemeinsamen Austausch zu reflektieren. Durch die Darstellung des Diskussionsverlaufs wird deutlich, dass jede - auch wissenschaftlich nicht anerkannte - Vorstellung ein wichtiger Bestandteil des Erkenntnisprozesses war.

Anwendung und Sicherung
In Partnerarbeit bearbeiten die Schüler eine Fragestellung mit ähnlicher Thematik, um das erarbeitete Wissen in einen neuen Kontext zu übertragen und so zu vernetzen. Sie werden zudem aufgefordert, ihre jetzige Antwort mit der ursprünglich gewählten Antwort zu vergleichen. Auf diese Weise soll eine mögliche Änderung des eigenen Konzepts erneut verdeutlicht werden.

4 Entwicklung des Lernmaterials

4.1 Methodisches Vorgehen

Die Entwicklung des Lernmaterials erfolgte in Anlehnung an den Ansatz des *design-based research*. In seiner eigentlichen Bedeutung wird DBR verwendet, um ein fachdidaktisches Phänomen im Feld zu erforschen. Es entstand unter anderem aufgrund der begrenzten Möglichkeiten quantitativer Forschung, Lernprozesse im Kontext von Lernsituationen zu beschreiben, deren Variablen nicht oder nur schwer zu kontrollieren sind. DBR strebt demgegenüber keine Kontrollierbarkeit an, sondern es sollen reale, nicht-kontrollierte Unterrichtssituationen erforscht werden. Das wissenschaftliche Ziel ist zum einen die Entwicklung einer Theorie, mit der ein praktisches Problem gelöst werden kann (Wilhelm & Hopf 2014). Zum anderen ist ein Ziel des Vorgehens, eine ausgearbeitete und auf empirischer Basis weiterentwickelte Lernumgebung (z. B. Schulbuch, Lernmaterial, Experiment) zu entwickeln (Wilhelm & Hopf 2014).
Um dieses Ziel zu erreichen, gibt es keine vorgegebene Methodologie:

> *All sorts of methods may be employed. What defines design research is its purpose: sustained innovative development. (Bereiter 2002, S. 330)*

Charakteristisch und definierend für DBR ist jedoch das zyklische Vorgehen aus (Weiter-) Entwicklung, Erprobung und Erforschung einer Lernumgebung.

Adaption von DBR
In der vorliegenden Arbeit wurden Aspekte von DBR verwendet, um Lernmaterialien zu entwickeln: So wurde der zyklische Prozess der Erprobung und Weiterentwicklung für die Entwicklung der Lernmaterialien angewendet. Damit entspricht das Vorgehen primär dem oben genannten zweiten Ziel des DBR. Die weiterführende bzw. tiefergehende Forschung erfolgte jedoch nicht im Sinne des DBR als Theoriebildung, sondern in Anlehnung an das Design der *case study research method* nach Yin (2009).
Das konkrete Problem, das im DBR gefordert wird, lautet hier: Wie lassen sich die Schülervorstellungen zum Verdampfen bzw. Lösen über die Unterrichtskonzeption choice^{2}learn verändern? Der Lösungsansatz ist die Entwicklung konkreter Lernimpulse, mit denen eine Veränderung von Schülervorstellungen initiiert werden sollen.
Aufgrund pragmatischer Überlegungen (Zeit, technische Ausstattung etc.) wurde die Erprobung der ersten Lernmaterialien nicht im Feld durchgeführt, sondern anhand halbstrukturierter Einzelinterviews. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens war, dass im Anschluss an die inhaltliche Bearbeitung der Fragen eine Reflexion der Lernimpulse stattfinden konnte. Das Vorgehen hat sich nach erster Pilotierung als effizient und zielführend herausgestellt, sodass es im weiteren Verlauf beibehalten wurde. Die geführten Inter-

views wurden mithilfe von Diktiergeräten aufgenommen sowie um Mitschriften der Autorin während der geführten Interviews ergänzt. Aus zeitlichen Gründen wurden die Audiographien nicht transkribiert, sondern die Auswertung direkt anhand der Audiodateien durchgeführt.
Nachdem die Lernmaterialien soweit ausgearbeitet waren, dass während der Interviews keine Unklarheiten mehr bestanden, fand die erste Pilotierung im Feld statt. Anhand der entstandenen Videos der Kleingruppenarbeiten wurde das Material erneut überarbeitet und erprobt. Während der Pilotierung wurden die Kleingruppenarbeiten videographiert und die entstandenen Videos transkribiert (für eine detaillierte Beschreibung der Methodik siehe Kap. 5.2).
Auf diese Art und Weise sind drei Themen neu entstanden sowie eines weiterentwickelt worden. Besonderes Ziel bei der Entwicklung der Lernimpulse war es, eine Balance aus Offenheit und Struktur der Impulse für die Schüler zu erlangen. Die Schüler sollten die Chance haben, über Experimente, Fragen oder bekannte Phänomene Evidenzen zu sammeln, die die Auswahlantworten stärken oder schwächen. Dabei sollten die Impulse nicht zu viel Hilfestellung geben, sodass stets eine Eigenleistung im Sinne von auszuführenden Schlussfolgerungen gefordert war.
Die neu entwickelten Themen *Verdampfen von Eugenol* und *Lösen von Decan in Cyclodecan* sollen im Folgenden näher erläutert und die Entwicklung beschrieben werden.

4.2 Lernmaterial

4.2.1 Verdunsten von Eugenol

Grundlegend für die Entwicklung der Aufgaben war vorhandene Literaturbasis sowie in besonderem Maße Ergebnisse einer Studie von Marohn (2008b) (vgl. Kap. 2.2).
Als Thematisierung einer elementaren Vorstellung dient in der ersten Aufgabe ein Verdampfungsvorgang.

4.2.1.1 Entwicklung des Kontextes

Der zum Verdampfungsvorgang entwickelte Kontext ist das Verdunsten eines Duftöls in einer Duftlampe (Abb. 4).[29] Dieser Kontext wurde gewählt, da ein Phänomen angesprochen wird, das den Schülern bekannt ist - zum einen das konkrete Beispiel einer Duftlampe, zum anderen aber das Phänomen eines Duftstoffes, der zu riechen ist.
Über die allgemeine Bekanntheit des Phänomens, jedoch einer fehlenden Erklärung sollen Motivation und Interesse geweckt werden. Didaktisch reduziert wurde der Sachver-

29 Die hier und im Folgenden gewählte Formatierung entspricht nicht der, die im Unterricht eingesetzt wurde. Die tatsächlich eingesetzten Materialien in ihrer endgültigen Fassung finden sich im Anhang A.

halt dahingehend, dass lediglich Duftöl in die Schale gegeben wird, ohne dass Wasser hinzugefügt wird.

> Es ist Weihnachtszeit und Lisa freut sich, dass sie ihre Duftlampe wieder mit winterlichen Düften verwenden kann. Sie gibt etwas Nelkenöl in die kleine Schale und setzt ein brennendes Teelicht darunter.
> Bereits nach ein paar Minuten ist ein Teil des Duftöls verdunstet und Lisa kann den Nelkenduft riechen. Ein Bestandteil des Nelkenöls ist Eugenol. Dieser Stoff ist für den Nelkenduft verantwortlich.
> Wie kommt es, dass man den Nelkenduft im ganzen Raum riechen kann, wenn das Duftöl erhitzt wird?

Abb. 4: Kontext „Verdampfen von Eugenol"; Version 1

Insgesamt gab es bei den Erprobungen keine Hinweise auf mögliche Schwierigkeiten bezüglich des Kontextes. Dieser wurde daher im Laufe der Entwicklung inhaltlich beibehalten und lediglich sprachlich variiert, sodass letztendlich folgender Text eingesetzt wurde (Abb. 5):

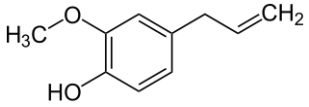
> Es ist Weihnachtszeit und Lisa freut sich, dass sie ihre Duftlampe wieder mit winterlichen Düften verwenden kann. Sie gibt etwas Nelkenöl in die kleine Schale und setzt ein brennendes Teelicht darunter. Bereits nach kurzer Zeit kann Lisa den Nelkenduft riechen.
>
> Ein Bestandteil des Nelkenöls ist Eugenol. Dieser Stoff ist für den Nelkenduft verantwortlich.
>
> Wie kann man erklären, dass man den Nelkenduft im ganzen Raum riechen kann, wenn das Duftöl erwärmt wird?

Abb. 5: Kontext „Verdampfen von Eugenol"; Version 2

4.2.1.2 Entwicklung der Multiple-Choice-Aufgabe

Auf Basis von Literatur und Daten einer Studie von Marohn (2008b) wurde eine Aufgabe entwickelt und vier mögliche Auswahlantworten konzipiert (Abb. 6).
Antwort A ist die fachlich anerkannte Antwort. Antwort B impliziert, dass sich die Duftstoffmoleküle so weit ausdehnen müssten, bis sie mit der sie riechenden Person in Kontakt kommen. Der bei C und D gesetzte Zusatz der größeren Abstände wurde hier nicht gewählt, da sich die Ausdehnung des Duftes über die größeren Abstände der Atome zueinander erklären lässt. Antwort C thematisiert die Vorstellung des Verdampfens als Bindungsbruch. Diese Vorstellung wird von Schülern in vielfältiger Weise realisiert: Im Falle von Alkanen teils unkonkret als Bindungsbruch in kleinere Teile, teils konkreter als Bindungsbruch in Methylen- oder Alkylgruppen oder auch als Bruch aller Bindungen, sodass einzelne Atome vorliegen. Da es sich als schwierig herausstellte, einen Lernimpuls zu entwickeln, der jede Vorstellung widerlegte, wurde anfangs der Zusatz „(C, H, O)" hinzugefügt.

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?



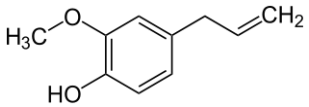
Eugenolmolekül

[A] Die Abstände der Eugenolmoleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb eines Moleküls werden größer.
[C] Die Bindungen eines Moleküls brechen und die Abstände der Atome (C, H, O) zueinander werden größer.
[D] Die Eugenolmoleküle reagieren mit Luftsauerstoff und die Abstände der entstandenen Moleküle zueinander werden größer.

Abb. 6: Multiple-Choice-Aufgabe „Verdampfen von Eugenol"; Version 1

Antwort C und D besitzen den Zusatz der weiteren Abstände der entstehenden Teilchen. Auf diese Art und Weise soll das Kriterium der sich ausschließenden Antworten realisiert werden. Es sollte verhindert werden, dass sich Schüler, die unter Umständen eine Kombination aus den Antworten A und C sowie A und D vorstellen, für A entscheiden und somit unter Umständen die Vorstellung von C und D nicht erkannt wird. Während der Interviews wurde deutlich, dass sich die Schüler bei den Antworten C und D auf den jeweils ersten Teil des Satzes beziehen und die weitere Entfernung zueinander keine grundlegende Rolle spielt. Aus diesem Grund wurden die Antworten C und D verkürzt, sodass sie sprachlich gleichwertiger waren. Auf diese Weise entspricht die Aufgabe dem Kriterium guter Multiple-Choice-Aufgaben, nach der sich die Antworten inhaltlich und sprachlich entsprechen sollen, damit die Schüler nicht auf Basis formaler Kriterien entscheiden (Marohn 2008a). Entsprechend lautet die Aufgabe in Version 2 (Abb. 7):

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?



Eugenolmolekül

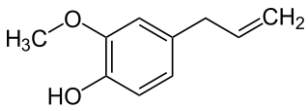
[A] Die Abstände der Eugenolmoleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenolmoleküle werden größer.
[C] Die Eugenolmoleküle zerbrechen in ihre Bestandteile (C, H, O).
[D] Die Eugenolmoleküle reagieren mit Luftsauerstoff.

Abb. 7: Multiple-Choice-Aufgabe „Verdampfen von Eugenol"; Version 2

Die Festlegung der Antwort C auf die Bestandteile „C, H, O" stellte sich im Verlauf der Interviews als schwierig da, da einige Schüler ihre Vorstellungen nicht in den Antworten wiederfanden. Damit eine allgemeinere Formulierung angeboten werden konnte, wurde

ein neuer Lernimpuls entwickelt, der sich nicht auf die Bestandteile C, H und O bezieht. Entsprechend lautet die dritte und letztendliche Version der Aufgabe (Abb. 8):

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?



Eugenolmolekül

[A] Die Abstände der Eugenolmoleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenolmoleküle werden größer.
[C] Die Eugenolmoleküle spalten sich.
[D] Die Eugenolmoleküle reagieren mit Luftsauerstoff.

Abb. 8: Multiple-Choice-Aufgabe „Verdampfen von Eugenol"; Version 3

4.2.1.3 Erste Version der Lernimpulse

Im Folgenden werden alle Lernimpulse nacheinander in ihrer ersten Version dargestellt und erläutert. Anschließend wird der Übersicht halber die Entwicklung jedes einzelnen Lernimpulses beschrieben. Bei der Entwicklung werden nur Änderungen inhaltlicher Art beschrieben; sprachliche Änderungen werden nicht berücksichtigt.

Die erste Version der Lernimpulse war sehr offen gestellt, sodass die Schüler bei jedem Impuls die relevanten Antworten auswählen und bewerten mussten. Entsprechend enden die Impulse zwei und drei mit der Frage, welche Antworten gestärkt und welche geschwächt werden. Bei Impuls vier wurde Antwort C als Bezug genannt, da dieser bereits durch die Aufgabe selbst bekannt war.

Lernimpuls 1

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Zeichne und erkläre die Vorgänge, die auf Teilchenebene ablaufen.

Abb. 9: Lernimpuls 1 „Verdampfen von Eugenol"

Durch den ersten Lernimpuls (Abb. 9) sollen die Vorstellungen zum einen expliziert und so noch einmal bewusst gemacht werden; zum anderen soll ein Reflexionsprozess über die Antwort angeregt werden. Der Lernimpuls hat sich dahingehend bewährt, dass Schüler eine Basis haben, auf der sie für oder gegen ihre Antwort und die der Gruppenmitglieder argumentieren können. Zudem zeigte sich, dass gerade in Bezug auf Antwort C und D erste Bedenken eintreten, wenn konkret gefordert wird, das Molekül zu spalten bzw. zu oxidieren.

Dieser Lernimpuls stellt einen Unterschied zur ursprünglichen Konzeption von choice^{2}learn dar: Statt mit einer offenen Diskussionsrunde zu beginnen und erst bei Er-

liegen der Diskussion die Lernimpulse zu Hilfe zu nehmen, können die Schüler gleich Lernimpuls 1 bearbeiten. Es liegt kein Vergleich zu einer offenen Diskussionsrunde vor, sodass keine empirischen Ergebnisse genannt werden können. Festgehalten werden kann jedoch, dass sich der direkte Einstieg mit dem beschriebenen Lernimpuls bewährt hat, sodass diese Änderung im Vergleich zur ursprünglichen Konzeption in folgenden Versionen der Lernimpulse beibehalten wurde.
Lernimpuls 2 (Abb. 10) beschreibt, wie der Duft im Nebenzimmer zu riechen ist. Würde Antwort B stimmen, so müssten sich die Moleküle so weit ausgedehnt haben, dass sie bis ins Nebenzimmer reichen. Dies erscheint äußerst unwahrscheinlich.

Lernimpuls 2

Lisas Mutter ist im Nebenzimmer und riecht ebenfalls einen leichten Nelkenduft. Wie kann man erklären, dass der Duft bis in das Nebenzimmer gelangt?

Welche Auswahlantworten werden durch diese Information gestärkt und welche geschwächt?

Abb. 10: Lernimpuls 2 „Verdampfen von Eugenol“

In Lernimpuls 3 (Abb. 11) wird ein Gedanken- sowie ein Überprüfungsexperiment durchgeführt. Die Frage ist, welche Auswahlantworten mit der Beobachtung übereinstimmen, dass sich der Ballon im warmen Wasser aufbläht.

Lernimpuls 3

Gedankenexperiment
In einen Luftballon werden einige Tropfen Eugenol gegeben, die Luft herausgedrückt und der Luftballon verschlossen. Stellt begründete Hypothesen auf zu folgender Frage:

Wie würde sich das Volumen - ausgehend von den einzelnen Auswahlantworten - verändern, wenn Eugenol erhitzt wird?

Überprüfung
Führt zur Überprüfung der Hypothesen den Versuch durch. Statt Eugenol wird für dieses Überprüfungsexperiment Aceton als Modellsubstanz genommen.
Haltet den Luftballon ca. 30 Sekunden mit der Tiegelzange in heißes Wasser. Nehmt ihn anschließend heraus, um zu prüfen, ob noch Flüssigkeit darin ist.

1. *Nennt eure Beobachtungen.*
2. *Welche Auswahlantworten werden durch diese Beobachtungen gestärkt und welche geschwächt?*

Abb. 11: Lernimpuls 3 „Verdampfen von Eugenol“

Bei Antwort A, B und C ist aufgrund der größeren Abstände bzw. der Vergrößerung der Teilchenanzahl mit einer Volumenvergrößerung zu rechnen. Bei Antwort D sind zwei Varianten zu unterscheiden: Eine Vorstellung ist die Reaktion von Eugenol und Sauerstoff zu

Kohlenstoffdioxid und Wasser. Die andere ist die Oxidation von Eugenol im Sinne einer Anlagerung von Sauerstoff an das Eugenolmolekül. Gerade letztere Vorstellung trat häufig auf mit der Begründung, dass das Eugenolmolekül durch den Sauerstoff in die Gasphase „getragen" wird. Bei beiden Varianten würde sich aufgrund des fehlenden Sauerstoffs der Ballon nicht aufblähen.
Sollten sich Moleküle während des Verdampfens spalten, so hieße es, dass beim Kochen von Wasser theoretisch Wasserstoff entstehen könnte (Abb. 12). In Verbindung mit dem Luftsauerstoff würde es in Gegenwart einer Flamme zu einer Knallgasreaktion und somit zu einer Explosion führen. Da diese Reaktion nicht stattfindet, kann geschlussfolgert werden, dass auch Antwort C nicht zutrifft.

Lernimpuls 4

Wenn beim Verdunsten die Moleküle in ihre Bestandteile zerbrechen, könnte beim Kochen von Wasser (H_20) theoretisch Wasserstoff entstehen. Diesen könnte man mit einer Knallgasprobe nachweisen.

Welche Konsequenzen würden daraus beim Kochen von Wasser auf offenen Flammen - beispielsweise auf einem Gasherd - folgen?

Sind die Erkenntnisse mit Auswahlantwort [C] vereinbar oder widersprechen sie dieser?

Abb. 12: Lernimpuls 4 „Verdampfen von Eugenol"

Lernimpuls 5 (Abb. 13) dient dazu, die erlangten Erkenntnisse zu abstrahieren und eine allgemeine Definition zu formulieren. Als physikalischer Vorgang werden Vorgänge definiert, bei denen sich nur die Abstände der Teilchen ändern, die Teilchen jedoch selbst nicht verändert werden. Somit bleibt der Stoff an sich ebenfalls erhalten. Die chemische Reaktion hingegen kann definiert werden als Vorgang, in dem sich die kleinen Teilchen eines Stoffes verändern, sodass mindestens ein neuer Stoff gebildet wird.

Lernimpuls 5

In der Chemie unterscheidet man physikalische Vorgänge, wie das Verdunsten, und chemische Reaktionen.

Formuliert eine Definition für einen physikalischen Vorgang und grenzt diesen dabei von einer chemischen Reaktion ab.

Abb. 13: Lernimpuls 5 „Verdampfen von Eugenol"

4.2.1.4 Weiterentwicklung der Lernimpulse

Lernimpuls 1 wurde nach der Pilotierung im Feld dahingehend verändert, dass genauere Instruktionen für die erste Phase der Kleingruppenarbeit gegeben wurden (Abb. 14). So sollte die Trennung aus dem Erstellen der Zeichnung und einer späteren gemeinsamen Vorstellungsrunde herausgestellt werden.

> Lernimpuls 1
>
> Stellt jeweils zeichnerisch dar, wie ihr euch die Vorgänge auf Teilchenebene vorstellt!
> **Nennt** anschließend für die anderen Gruppenmitglieder eure gewählte Antwort, **begründet** sie und **erklärt** eure Zeichnung.

Abb. 14: Lernimpuls 1; Version 2

Diese Erweiterung stellte sich als sinnvoll heraus. Da einigen Schülern trotz anfänglicher mündlicher Erklärung nicht klar war, wann der Argumentationsbogen ausgefüllt werden sollte bzw. es von einigen Gruppen vergessen wurde, wurde dieses als Hinweis aufgenommen (Abb. 15):

> Lernimpuls 1
>
> Stellt jeweils zeichnerisch dar, wie ihr euch die Vorgänge auf Teilchenebene vorstellt!
> **Erklärt** eure Zeichnung den anderen Gruppenmitgliedern und **begründet** die von euch gewählte Antwort!
>
> Tragt dabei jetzt und bei jedem folgenden Lernimpuls die genannten Argumente in den Argumentationsbogen ein!

Abb. 15: Lernimpuls 1; Version 3

Während der Kleingruppenphasen zeigte sich, dass von einigen Gruppen nur die Antworten diskutiert wurden, die vertreten waren. Da jedoch potentiell Gruppen vorliegen können, in denen die richtige Antwort nicht vertreten ist, sollte der Hinweis hinzugefügt werden, alle Antworten zu beachten. Da dieser Hinweis nicht Teil des Lernimpulses ist, wurde er Lernimpuls 1 vorangestellt (Abb. 16).

> Allgemeine (Gesprächs-)Regeln
>
> Geht im Gespräch auf **jede Überlegung** eines Gruppenmitglieds ein, indem ihr diese weiterdenkt oder widerlegt!
>
> Tragt alle Argumente im **Argumentationsbogen** zusammen!
>
> Bedenkt während jedes Lernimpulses auch die Antworten, die in eurer Gruppe **nicht vertreten** sind!

Abb. 16: Allgemeine (Gesprächs-)Regeln

Dafür wurden allgemeine (Gesprächs-)Regeln formuliert, indem noch einmal auf die Argumentationsbögen hingewiesen wurde und die Schüler daran erinnert wurden, auf jede Überlegung eines Gruppenmitglieds einzugehen und dessen Überlegungen weiterzudenken bzw. zu widerlegen. Über diese allgemeinen Regeln war es möglich, Lernimpuls 1 auf eine inhaltliche Aufgabe zu reduzieren (Abb. 17).

Lernimpuls 1

Stellt jeweils zeichnerisch dar, wie ihr euch die Vorgänge auf Teilchenebene vorstellt!
Erklärt eure Zeichnung den anderen Gruppenmitgliedern und **begründet** die von euch gewählte Antwort!

Abb. 17: Lernimpuls 1; Version 4

Lernimpuls 2 wurde weitgehend beibehalten. Da jedoch sowohl in den Interviews als auch in den Videos deutlich wurde, dass es den Schülern schwer fällt, strukturiert Thesen zu jeder Antwort aufzustellen, wurde eine Tabelle eingefügt, die sie in dieser Tätigkeit unterstützt (Abb. 18).

Lernimpuls 3 soll die Vorstellung schwächen, dass sich die Abstände der Atome zu einander vergrößern. Die Schüler erkannten über diesen Impuls nicht die Möglichkeit eine Antwort auszuschließen. Eher nannten sie Argumente auf phänomenologischer Ebene, wie das Ausbreiten des Duftes durch einen Luftzug. Das im Lernimpuls genannte Szenario sollte dadurch verschärft werden, dass die Mutter den Duft auch bei geschlossener Tür riechen kann (Abb. 19). Würde man von B ausgehen, so erscheint es sehr unwahrscheinlich, dass die Moleküle unter der Tür hindurch passen würden.
Auch bei dem erweiterten Szenario gab es Hinweise, dass es für die Schüler zu abstrakt war. Daher wurde es in Hinblick auf zwei Aspekte verändert (Abb. 20): Zum einen wurde die offene Fragestellung konkretisiert, indem direkt Bezug zu Antwort B genommen wurde. Weiterhin sind die Schüler aufgefordert, eine Zeichnung anzufertigen, mit der man das Phänomen erklären kann. Hier wäre zum Beispiel denkbar, dass sie eine Duftlampe und eine Person zeichnen. Soll der Duft für die Person zu riechen sein, müssten sich die Moleküle enorm ausdehnen. Die Schüler nahmen den Lernimpuls zwar an und diskutierten konkreter über Antwort B, jedoch wurden kaum Zeichnungen angefertigt, die das Phänomen verdeutlichten. Statt dessen wurde Bezug genommen auf die Zeichnung aus Lernimpuls 1, die die Vorgänge auf Teilchenebene darstellten, sodass die Schüler keinen Widerspruch zu Antwort B erkennen konnten.

Lernimpuls 2

Gedankenexperiment
In einen Luftballon werden einige Tropfen Eugenol gegeben, die Luft herausgedrückt und der Luftballon verschlossen. Stellt begründete Hypothesen auf zu folgender Frage:

Wie würde sich das Volumen – ausgehend von den einzelnen Auswahlantworten – verändern, wenn das Eugenol ohne Luft verdunstet?

Annahme	Hypothesen	
	Volumen nimmt zu	Volumen bleibt gleich
A		
B		
C		
D		

Überprüfung
Führt zur Überprüfung der Hypothesen den Versuch durch. Statt Eugenol wird für dieses Überprüfungsexperiment Aceton als Modellsubstanz genommen.
Haltet den Luftballon ca. 30 Sekunden mit der Tiegelzange in heißes Wasser. Nehmt ihn anschließend heraus und schüttelt ihn, um zu prüfen, ob noch Flüssigkeit darin ist.

Beobachtung:
_____

Ergebnis: (im Argumentationsbogen notieren)

Abb. 18: Lernimpuls 2; Version 2

Lernimpuls 3

Lisas Mutter ist im Nebenzimmer und riecht bei geschlossener Tür ebenfalls einen leichten Nelkenduft. Wie kann man erklären, dass der Duft bis in das Nebenzimmer gelangt?

Welche Auswahlantworten werden durch diese Information gestärkt und welche geschwächt?

Abb. 19: Lernimpuls 3; Version 2

Lernimpuls 3

Nach einiger Zeit ist der Nelkenduft auch in weiter Entfernung zu riechen. Wie lässt sich dieses Phänomen mit Hilfe von Auswahlantwort [B] erklären?

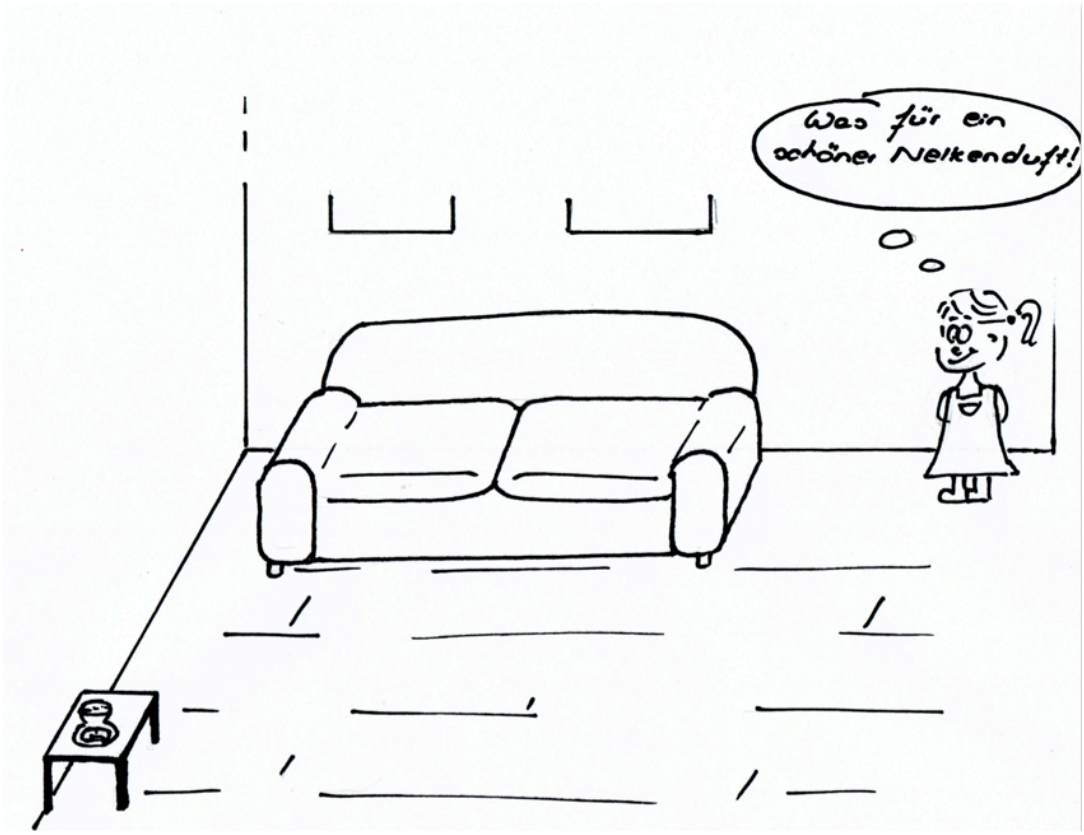
Erläutert den möglichen Vorgang auch anhand einer Zeichnung zu Antwort [B].

Abb. 20: Lernimpuls 3; Version 3

Um das Phänomen zu verdeutlichen, wurde eine Zeichnung in Version 5 des Lernimpulses vorgegeben. Der direkte Bezug zu Antwort B hat sich als hilfreich erwiesen, sodass er auch in dieser Version erhalten blieb (Abb. 21).

Lernimpuls 3

Wie lässt sich erklären, dass Lisa auch am Ende des Zimmers den Duft riechen kann?



Wird Auswahlantwort [B] durch eure Überlegungen gestärkt oder geschwächt?

Abb. 21: Lernimpuls 3; Version 4

Mit diesem Lernimpuls generierten die Schüler viele richtige Überlegungen und konnten Antwort B schwächen. Die über diese Version des Lernimpulses getätigten Argumente waren beispielsweise:

- Die Bindungen bestehen nicht mehr.
- Die Antwort B ist ähnlich wie Antwort C (Bindungsbruch).
- Das Molekül würde den ganzen Raum einnehmen; dies erscheint unwahrscheinlich,

Die Schwierigkeit der strukturierten Bewertung einzelner Antworten zeigte sich bei mehreren Lernimpulsen, sodass beispielsweise Lernimpulse 2 und 3 stärker lenkend formuliert wurden. Der in Bezug auf die Auswahlantworten offene Lernimpuls 2 sollte in dieser Weise beibehalten werden, da die Schüler durch ihn ein Beispiel für strukturiertes Vorgehen gegeben wird. Es gelang jedoch dennoch nicht jeder Gruppe, anhand des Lernimpul-

ses Antwort D auszuschließen. Statt einer engeren Lenkung dieses Impulses in Richtung Auswahlantwort D wurde ein weiterer Lernimpuls konzipiert, der explizit die Antwort D thematisiert (Abb. 22).

Lernimpuls 4

Eugenol gehört zu den Kohlenwasserstoffen. Wenn Kohlenwasserstoffe vollständig mit Sauerstoff reagieren, erhält man als Reaktionsprodukte ausschließlich Wasser und Kohlenstoffdioxid. Welche Eigenschaften haben diese Reaktionsprodukte im Vergleich zum Duftstoff Eugenol?

Sind dieser Erkenntnisse mit Auswahlantwort [D] vereinbar oder widersprechen sie dieser?

Abb. 22: Lernimpuls 4; Version 1

Ziel dieses Lernimpulses war es, dass die Schüler erkennen, dass bei einer vollständigen Reaktion von Eugenol mit Sauerstoff kein Duftstoff mehr vorliegt. Dieser Impuls entstand erst während der Pilotierung im Feld, sodass keine Erkenntnisse aus Interviews vorlagen. Bei der Bearbeitung des Impulses durch die Schüler zeigte sich, dass er einerseits zu offen gestellt war in dem Sinne, dass die Schüler häufig Eigenschaften wie Leitfähigkeit oder Charakteristika auf Teilchenebene beschreiben. Er wurde daher um den Zusatz „für uns wahrnehmbare“ Eigenschaften sowie zwei Beispielen ergänzt. Um einer zu starken Lenkung entgegenzuwirken, wurde andererseits die explizite Nennung der Antwort D herausgenommen und der Lernimpuls so geöffnet (Abb. 23).

Lernimpuls 4

Eugenol gehört zu den Kohlenwasserstoffen. Wenn Kohlenwasserstoffe vollständig mit Sauerstoff reagieren, erhält man als Reaktionsprodukte ausschließlich Wasser und Kohlenstoffdioxid.

Welche für uns wahrnehmbaren Eigenschaften (Aussehen, Geruch,…) haben Wasser, Kohlenstoffdioxid und Eugenol?

Welche Auswahlantworten werden durch diese Reaktion gestärkt und welche geschwächt?

Abb. 23: Lernimpuls 4; Version 2

Die Öffnung stellte sich dahingehend als sinnvoll heraus, als dass die Schüler teilweise anhand dieses Lernimpulses auch Antwort C diskutieren und ausschließen konnten: Die wahrnehmbaren Eigenschaften würden sich auch bei einer Spaltung verändern und es somit nicht mehr nach Nelken riechen.
Der ursprüngliche Lernimpuls 4 wurde zu Lernimpuls 5. Dieser wurde im Vergleich zur ersten Version geöffnet: Es wurde nicht mehr vorgegeben, welche Stoffe bei einer Spaltung von Wasser entstehen könnten, sondern es wurde als Frage formuliert (Abb. 24).

Lernimpuls 5

Welche Stoffe könnten beim Verdampfen von Wasser entstehen, wenn sich die Wassermoleküle - wie in Antwort [C] beschrieben - spalten würden?

Welche Konsequenzen würden sich darauf beim Kochen von Wasser auf offenen Flammen - beispielsweise auf einem Gasherd - ergeben?

Sind diese Erkenntnisse mit Auswahlantwort [C] vereinbar oder widersprechen sie dieser?

Abb. 24: Lernimpuls 5; Version 2

Während der Pilotierung im Feld zeigte sich, dass die Schüler zwar zu Beginn erfahren haben, dass das Ziel der Kleingruppenarbeiten ist, sich auf eine Antwort zu einigen, sie es jedoch ohne eine Erinnerung nicht unbedingt taten. Daher wurde entsprechend ein weiterer Impuls eingefügt (Abb. 25).

Lernimpuls 6

Geht noch einmal alle bisherigen Lernimpulse und die dazu entwickelten Argumente für oder gegen eine Auswahlantwort durch.

Einigt euch auf dieser Grundlage auf eine Auswahlantwort.

Abb. 25: Lernimpuls 6; Version 2

Dieser Impuls erwies sich als sinnvoll, sodass er im weiteren Verlauf beibehalten wurde. Aus dem ehemaligen Lernimpuls 5 wurde nun Lernimpuls 7. Auf der Basis der bisherigen Erkenntnisse sollten die Schüler hier ihr Wissen abstrahieren und so chemische Reaktionen von physikalischen Vorgängen abgrenzen (Abb. 26).

Lernimpuls 7

In der Chemie unterscheidet man physikalische Vorgänge, wie das Verdunsten, und chemische Reaktionen.

1. *Formuliert eine Definition für einen physikalischen Vorgang und grenzt diesen dabei von einer chemischen Reaktion ab.*
2. *Wendet diese Definition auf das Verdunsten von Eugenol an. Wie läuft der Vorgang demnach ab?*

Abb. 26: Lernimpuls 7; Version 2

Im Vergleich zur ersten Version wurde hier die Teilaufgabe zwei eingefügt. Sie sollte gewährleisten, dass die Schüler die Vorgänge beim Verdampfen von Eugenol noch einmal anhand der von ihnen erstellen Definition formulieren. Dieser Zusatz erschien den Schü-

lern als Wiederholung der bereits bearbeiteten Aufgaben, sodass er in der folgenden Version (Abb. 27) wieder entfernt wurde.

Lernimpuls 7

In der Chemie unterscheidet man Aggregatzustandsänderungen, wie das Verdunsten von Eugenol, und chemische Reaktionen, wie z. B. die Reaktion von Eisen und Sauerstoff zu Eisenoxid.

Worin unterscheiden sich diese Vorgänge auf Teilchenebene?

Abb. 27: Lernimpuls 7; Version 3

Da nicht alle Schüler die Begrifflichkeit des physikalischen Vorgangs kannten, wurde der Lernimpuls zudem so umformuliert, dass von Aggregatzustandsänderungen gesprochen wurde. Zudem wurde ein Beispiel für eine chemische Reaktion eingefügt. Mit Hilfe dieses Beispiels fällt es den Schülern leichter, zu formulieren, dass sich bei einer chemischen Reaktion mindestens ein neuer Stoff bildet. Die Bildung eines neuen Stoffes auf Teilchenebene begründen die Schüler damit, dass sich die Teilchen verändern, während bei einer Aggregatzustandsänderung die Teilchen erhalten bleiben und sich nur der Abstand vergrößert.

Die Konzeption choice^{2}learn war von Beginn an so angelegt, dass sie gewisse Aspekte naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen berücksichtigt: So existieren mehrere Thesen nebeneinander, der Erkenntnisprozess beinhaltet eine soziale Auseinandersetzung verschiedener Meinungen und der methodologische Weg ist der des Ausschlussverfahrens bzw. der Falsifikation bestimmter Thesen. Diese Denk- und Arbeitsweisen sollten implizit vermittelt, jedoch anfangs nicht unbedingt reflektiert werden. Während der Kleingruppenarbeiten fanden sich jedoch Hinweise, dass Schüler dieses Vorgehen unaufgefordert reflektierten. Der ausschlaggebende Punkt der Einführung eines weiteren Lernimpulses war folgende Antwort eines Schülers auf die Klage einer Mitschülerin, dass sie verwirrt sei:

> *Ich glaube, das Ziel ist hier, dass man sich nicht verwirren lässt, sondern dass man versucht, einen kühlen Kopf zu bewahren und alles logisch nachzuvollziehen. Das ist halt so, ich glaube, so forscht man, man findet ja nicht direkt auf Anhieb die Lösung, man geht verschiedene Wege, um irgendetwas herauszufinden. (Schl3; 31:41)*

Der Schüler erbringt hier unaufgefordert die Transferleistung, das Vorgehen während der Doppelstunde auf eine Arbeitsweise in der Wissenschaft zu übertragen. Für die nächste Pilotierung wurde folgender Lernimpuls eingefügt (Abb. 28):

Lernimpuls 8

1. Ist die Auswahlantwort, die ihr letztendlich gewählt habt, durch eure Argumentation bewiesen? Begründet eure Antwort.

2. (Inwiefern) Erkennt ihr einen Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in dieser Doppelstunde und der Art und Weise, wie man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangt?

Abb. 28: Lernimpuls 8; Version 1

In der ersten Teilaufgabe ist das Ziel, die Beweisbarkeit von Erkenntnissen zu reflektieren. Das wissenschaftlich anerkannte Konzept ist dabei, dass Erkenntnisse vorläufiger Natur und somit nicht zu beweisen sind (Kishbaugh, Cessna et al. 2012). Liegen verschiedene Thesen vor, wird versucht, möglichst viele davon auszuschließen. Bleibt nur noch eine übrig, so gilt diese nicht als bewiesen, sondern lediglich als die derzeit plausibelste. Mit Auftreten neuer Evidenzen kann sich auch diese These als falsch erweisen. Die zweite Teilaufgabe greift genau dieses Vorgehen auf: Über Überlegungen und Experimente wird versucht, These zu falsifizieren bzw. zu stärken. Der eigentliche Weg der Erkenntnis ist der des Ausschlussverfahrens.

Die letztendliche Version der Lernimpulse lautet wie folgt:

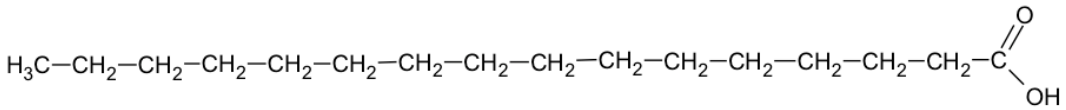
Lernimpuls 1:	Vorstellung, Diskussion (Abb. 17)	
Lernimpuls 2:	Experiment (Abb. 18)	- schwächt D
Lernimpuls 3:	Weite Entfernung (Abb. 21)	- schwächt B
Lernimpuls 4:	Reaktion mit Sauerstoff (Abb. 23)	- schwächt D (C)
Lernimpuls 5:	Spalten von Wasser (Abb. 24)	- schwächt C
Lernimpuls 6:	Einigung (Abb. 25)	
Lernimpuls 7:	Definitionen (Abb. 27)	
Lernimpuls 8:	NOS (Abb. 28)	

4.2.1.5 Entwicklung der Anwendungsaufgabe

In der Anwendungsaufgabe (Abb. 29) wird das erlangte Wissen auf einen neuen Kontext übertragen. Dabei wird in diesem Fall von den Schülern eine Transferleistung verlangt, in der sie die Erkenntnisse der Aggregatzustandsänderung vom flüssigen zum gasförmigen Zustand auf den Übergang vom festen in den flüssigen Zustand übertragen.
Die Anwendungsaufgabe war kein Bestandteil der vorliegenden Arbeit, sodass sie auch während der Pilotierungsphase nicht erprobt und weiterentwickelt wurde.

Anwendungsaufgabe

Butter ist aus dem heutigen Leben beim Kochen und Backen oder als Brotaufstrich kaum mehr wegzudenken. Diese Butter besteht zum großen Teil aus Palmitinsäure.



Palmitinsäure-Molekül

Was passiert, wenn feste Palmitinsäure schmilzt?
Zeichne und beschreibe die auf Teilchenebene ablaufenden Vorgänge.

Abb. 29: Anwendungsaufgabe

4.2.2 Lösen von Decan in Cyclodecan

Die Entwicklung der Aufgabe *Lösen von Decan in Cyclodecan* verlief über eine vorangegangene Aufgabe, in der der Lösevorgang von Octan in Cyclooctan thematisiert wurde. Die Aufgabe blieb - abgesehen von der Veränderung der Stoffe - unverändert; um eine entsprechend doppelte Darstellung zu vermeiden, wird im Folgenden bereits Kontext und Aufgabe zu (Cyclo-)Decan dargestellt.

4.2.2.1 Entwicklung des Kontextes

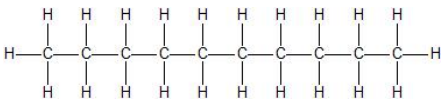
Alkane sind in separierter Form im Alltag kaum vorhanden. Der Kontext des Lösens von Alkanen wird daher auf das Lösen von organischen Stoffen ausgeweitet, ohne die Stoffe konkret zu benennen. Somit entstand ein Kontext, in dem ein Ölfleck mittels Fleckentferner gelöst werden soll (Abb. 30).

Kontext

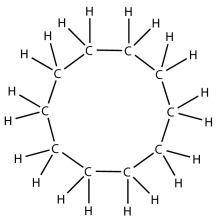
Lisa hat sich beim Kochen bekleckert und nun einen Ölfleck auf ihrem neuen T-Shirt. Die Mutter gibt ihr ein spezielles Mittel, einen sogenannten *Fleckentferner*. Lisa weiß, dass das Öl aus dem T-Shirt entfernt werden kann, weil sich das Öl in den Stoffen des Fleckentferners löst.

Doch was passiert eigentlich auf Teilchenebene, wenn sich ein Stoff in einem anderen löst?

Um diese Frage zu klären, nehmen wir modellhaft einen Lösevorgang von Decan in Cyclodecan an.



Decanmolekül



Cyclodecanmolekül

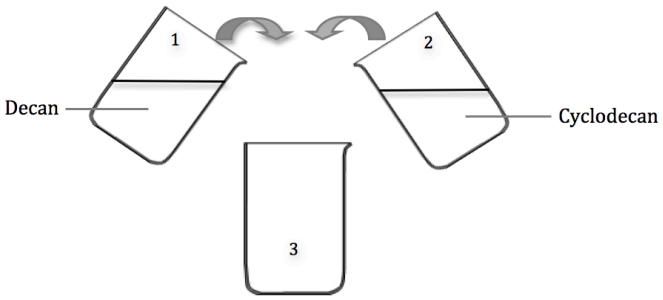
Abb. 30: Kontext „Lösen von Decan in Cyclodecan“

4.2.2.2 Entwicklung der Multiple-Choice-Aufgabe

Die Antworten dieser Aufgabe entsprechen den häufigen Schülerantworten einer Spaltung - die hier in Form von der Spaltung zu Methan realisiert wurde -, eines Ringschlusses, einer Ringöffnung sowie einer Kombination aus Ringöffnung und Reaktion zu einem langkettigen Alkan. Da eine sprachliche Darstellung der Antworten abstrakt ist, wurden sie in Form von Modellen dargestellt. Abbildung 31 zeigt den Kontext und die Aufgabe der zweiten Version vom eigentlichen Thema „Lösen von Decan in Cyclodecan“. Die anfängliche Thematik des Lösens von Octan in Cyclooctan war analog zu Abbildung 31 gestellt.

Aufgabe

Die Flüssigkeiten Decan und Cyclodecan der Bechergläser 1 und 2 werden zusammengegeben. Welches der folgenden Bilder beschreibt die Flüssigkeit in Becherglas 3 auf der Teilchenebene korrekt?



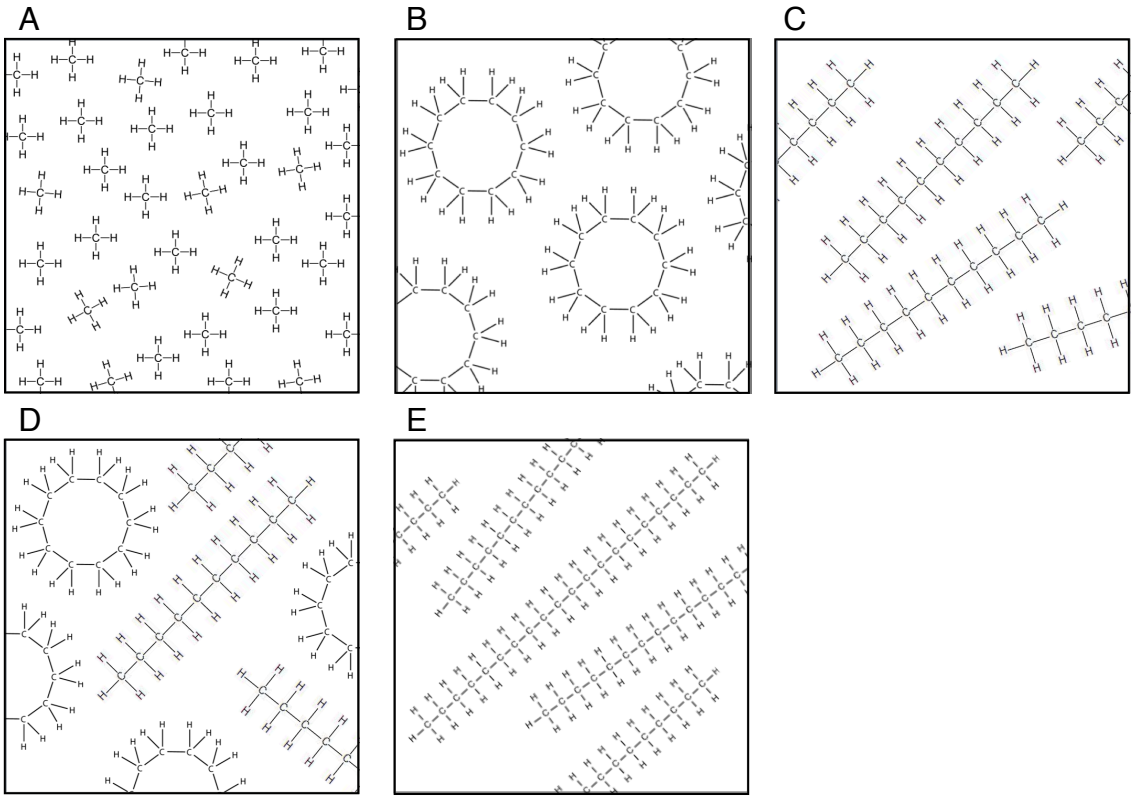


Abb. 31: Multiple-Choice-Aufgabe „Lösen von Decan in Cyclodecan“

4.2.2.3 Erste Version der Lernimpulse

Die anfängliche Thematik war Lösen von Octan in Cyclooctan. Auch dieses Thema beginnt wie das *Verdampfen von Eugenol* mit der Aufforderung an die Schüler, ihre gewählte Antwort den Gruppenmitgliedern ausführlich zu erklären (Abb. 32).

Lernimpuls 1

Begründet die von euch gewählte Antwort für die anderen Gruppenmitglieder.

Abb. 32: Lernimpuls 1 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

Baut man Antwort A mit einem Molekülbaukasten nach, so wird schnell deutlich, dass zu wenig Wasserstoffatome vorliegen, um aus Octan mehrere Methanmoleküle bauen zu können. Auch bei Antwort C (Ringöffnung) fehlt nach dem Bindungsbruch jeweils ein Wasserstoffatom für die Enden der Kette. Bei Antwort B (Ringschluss) dagegen wären zwei Wasserstoffatome übrig. Diese Erkenntnisse sollen die Schüler über Lernimpuls 2 erlangen. Er ist absichtlich offen gestellt, sodass die Schüler alle Antwortmöglichkeiten systematisch überprüfen müssen (Abb. 33).

Lernimpuls 2

Testet die beim Lösevorgang möglicherweise ablaufenden Vorgänge [A] bis [E] anhand des Molekülbaukastens.

Welche der Auswahlantworten werden durch die neuen Erkenntnisse gestärkt, welche geschwächt?

Abb. 33: Lernimpuls 2 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

Für die Schüler erscheint es durchaus möglich, dass bei der Ringöffnung aus Wasserstoffatomen und Elektronen Wasserstoff entsteht; die Antwort wird durch Lernimpuls 2 nicht ausgeschlossen. Daher wird im folgenden Lernimpuls 3 ein Experiment entwickelt, das die Entstehung von Wasserstoff in Form der Überprüfung einer Gasentwicklung testen kann (Abb. 34)

Lernimpuls 3

Welcher Stoff könnte bei Antwort [B] theoretisch zusätzlich zu Cyclooctan entstehen? Wie könnte man dessen Entstehung überprüfen?

Abb. 34: Lernimpuls 3 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

Um allen Schülern die Überprüfung zu ermöglichen, folgt Lernimpuls 4, der als Hilfekarte dient. In ihm ist die Reaktion sowie das Experiment beschrieben (Abb. 35).

Lernimpuls 4

In Lernimpuls 3 habt ihr euch Gedanken darüber gemacht, welcher Stoff bei Antwort [B] entstehen könnte. Möglich ist Folgendes:

Bei den Vorgängen aus Antwort [B] bleiben neben den Cyclooctanmolekülen pro Octanmolekül zwei Wasserstoffatome übrig. Diese können zu Wasserstoff reagieren:

$2H \rightarrow H_2$ (g)

Prüft diese These anhand eines Versuchs: Dafür werden ca. 1 mL Octan und 1 mL Cyclooctan in ein Reagenzglas gegeben, dieses mit einem Stopfen verschlossen und leicht geschüttelt.

Deutet eure Beobachtungen. Was bedeuten die neuen Erkenntnisse in Hinblick auf die einzelnen Auswahlantworten?

Abb. 35: Lernimpuls 4 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

Mit Lernimpuls 5 sollte die Vorstellung des Ringschlusses bzw. der Ringöffnung widerlegt werden (Abb. 36).

Lernimpuls 5

Führt folgendes Modellexperiment durch:

Die rote Flüssigkeit steht für das Octan, die gelbe Flüssigkeit steht für Cyclooctan.

Mischt in einem Reagenzglas ca. 2 mL der roten und 2 mL der gelben Flüssigkeit.

Welche Farbe hat die Flüssigkeit in dem Reagenzglas?

Übertragt die Beobachtungen und Deutungen des Modellversuchs auf die Flüssigkeit in Becherglas 3.

Welche Auswahlantworten werden durch dieses Modellexperiment gestärkt und welche geschwächt?

Abb. 36: Lernimpuls 5 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

Sollten Antworten B oder C stimmen, so müsste die Lösung nach der Mischung gelb oder rot sein, jedoch keine Mischfarbe aufweisen.
Lernimpuls 6 thematisiert die Antwort D, die Bildung eines langkettigen Alkans (Hexadecan). Je länger die Kette, desto viskoser werden die flüssigen Alkane, bis sie ab einer Kette von 17 Kohlenstoffatomen einen Feststoff bilden (Abb. 37).
Lernimpuls 7 thematisiert die Destillation als Verfahren, um zwei verschiedene Flüssigkeiten voneinander zu trennen. Die Destillation ist den Schülern in der Oberstufe bekannt, jedoch bis zu diesem Punkt während der Doppelstunde nicht unbedingt präsent. Mit dieser offen gestellten Aufgabe soll die Verknüpfung von neu erlerntem Wissen und bekannten Konzepten gelingen (Abb. 38).

Lernimpuls 6

Unverzweigte Alkane mit weniger als fünf Kohlenstoffatomen sind unter Normalbedingungen gasförmig.
Die Alkane mit einer Anzahl an Kohlenstoffatomen zwischen fünf und sechzehn sind flüssig, werden jedoch mit steigender Kettenlänge immer zähflüssiger.
Ab siebzehn Kohlenstoffatomen sind Alkane fest.

Welche Auswahlantworten werden durch diese Informationen gestärkt und welche geschwächt? Nehmt auch Bezug auf die Beobachtungen aus dem Experiment.

Abb. 37: Lernimpuls 6 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

Lernimpuls 7

Wie könnte man testen, ob in einer Flüssigkeit nur eine Art von Molekülen vorliegt oder ob eine Mischung verschiedener Moleküle vorliegt?

Abb. 38: Lernimpuls 7 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

In Lernimpuls 8 werden die Schüler aufgefordert, sich anhand des Argumentationsbogens auf eine Auswahlantwort zu einigen (Abb. 39)

Lernimpuls 8

Geht noch einmal alle bisherigen Impulse und die dazu entwickelten Argumente für oder gegen eine Auswahlantwort durch.

Einigt euch auf dieser Grundlage auf eine Auswahlantwort!

Abb. 39: Lernimpuls 8 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

Die bis zu diesem Zeitpunkt erlangten Erkenntnisse sollen in Lernimpuls 9 abstrahiert und zu einer Definition von Lösevorgang und gleichzeitiger Abgrenzung von einer chemischen Reaktion führen (Abb. 40).

Lernimpuls 9

Formuliert eine Definition für einen Lösevorgang und grenzt ihn von einer chemischen Reaktion ab.

Abb. 40: Lernimpuls 9 „Lösen von Octan in Cyclooctan“

4.2.2.4 Weiterentwicklung der Lernimpulse

Nach den ersten Testungen wurde deutlich, dass einige Lernimpulse stärker lenkend und eindeutiger formuliert werden sollten; da dies bei Lernimpuls 6 besonders gut möglich war, indem das resultierende langkettige Reaktionsprodukt fest war statt flüssig (viskos),

wurde die Aufgabe verändert von (Cyclo-)Octan zu (Cyclo-)Decan. Reagieren diese zu einer langen Kette, entsteht Eicosan, welches bei Raumtemperatur fest ist. Dieser Wechsel von (Cyclo-)Octan zu (Cyclo-)Decan verändert den Sinn der anderen Lernimpulse nicht. Um die Lesbarkeit zu vereinfachen und die Lernimpulse nicht - in ihrer Form mit (Cyclo-)Octan bzw. (Cyclo-)Decan - doppelt vorzustellen, wird im Folgenden direkt die Formulierung mit (Cyclo-)Decan gewählt.
Wie schon bei der Eugenol-Aufgabe beschrieben, wurde auch hier dem ersten Lernimpuls eine Karte mit allgemeinen Regeln vorangestellt (Abb. 41).

Allgemeine (Gesprächs-)Regeln

Geht im Gespräch auf **jede Überlegung** eines Gruppenmitglieds ein, indem ihr diese weiterdenkt oder widerlegt.

Tragt alle auftretenden Argumente im **Argumentationsbogen** zusammen.

Bedenkt während jedes Lernimpulses auch die Auswahlantworten, die in eurer Gruppe **nicht** vertreten sind.

Abb. 41: Allgemeine (Gesprächs-)Regeln

Die Lernimpulse 1 und 2 bleiben auf die beschriebene Weise erhalten.
Lernimpuls 3 wurde dahingehend verändert, dass die ehemaligen Lernimpulse 3 und 4 zusammengefasst wurden. Eine explizite Beschreibung des Experiments wird nicht mehr in Form einer Hilfekarte vorgegeben, sondern wird in die Verantwortung der Schüler gelegt (Abb. 422).

Lernimpuls 3

Welcher Stoff würde bei Antwort [B] zusätzlich zu Cyclodecan entstehen? Wenn ihr es nicht wisst, testet es mit Hilfe des Molekülbaukastens. Wie könnte man dessen Entstehung überprüfen?

Führt das Überprüfungsexperiment mit Hilfe der beiliegenden Materialien durch. (Es genügt, kleine Mengen der Chemikalien zu verwenden.)

Abb. 42: Lernimpuls 3; Version 2

Der Lernimpuls 3 blieb in Version 3 weitgehend erhalten, wurde jedoch strukturierter dargestellt und enthält hier zudem eine klare Fokussierung auf Antwort B, die nicht nur im Text, sondern auch in der letzten Frage genannt wird (Abb. 43).
Lernimpuls 4 war in der ersten Version nicht vorgesehen und ist neu konzipiert worden. Der Grund für diesen Impuls ist die Tatsache, dass sich beim Mischen der Flüssigkeiten im Reagenzglas kleine Gasbläschen am Rand bilden können. Diese Luftbläschen wurden von einigen Schülern als Wasserstoffentwicklung gedeutet. Daher wird in Lernimpuls 4

ein Vergleichsexperiment angestellt (Abb. 44). Auch hier wird konkret fokussiert auf Lernimpuls 3 sowie auf die Antwort B.

Lernimpuls 3

Frage:
Welcher Stoff würde bei Antwort [B] zusätzlich zu Cyclodecan entstehen? Testet es mithilfe des Molekülbaukastens.

<u>Überprüfungsexperiment:</u>
Wie könnte man die Entstehung des zusätzlichen Stoffes prüfen?
Führt das Überprüfungsexperiment mit Hilfe der beiliegenden Materialien durch.

Es genügt, kleine Mengen der Chemikalien zu verwenden. Verschließt nach dem Experiment Reagenzglas und Glasflaschen, damit keine Dämpfe mehr aufsteigen.

Welche Schlussfolgerungen zieht ihr in Hinblick auf die Auswahlantworten [B]?

Abb. 43: Lernimpuls 3; Version 3

Lernimpuls 4

Teilweise ist es schwer zu unterscheiden, ob - wie in Lernimpuls 3 getestet - ein Gas entsteht oder ob die eventuell sichtbaren Blasen nur Luftblasen sind.

Diese Luftblasen entstehen im Reagenzglas, weil an der Innenwand kleine Kratzer sind, aus denen die Luft nicht direkt beim Einfüllen verdrängt wird, sondern aus denen sie erst etwas später in Form von Luftbläschen entweicht.

Um sicher zu sein, ob bei Lernimpuls 3 eine Gasbildung vorlag, führt folgendes Vergleichexperiment durch:

<u>Vergleichsexperiment:</u>
Füllt in ein Reagenzglas ca. 0,5 cm hoch Essigsäure und gebt Magnesiumspäne hinzu.

Vergleicht die Stärke der aufsteigenden Bläschen aus beiden Versuchen.

Welche Schlussfolgerungen zieht ihr daraus in Hinblick auf
- *eure Antwort aus Lernimpuls 3?*
- *die Auswahlantwort [B] ?*

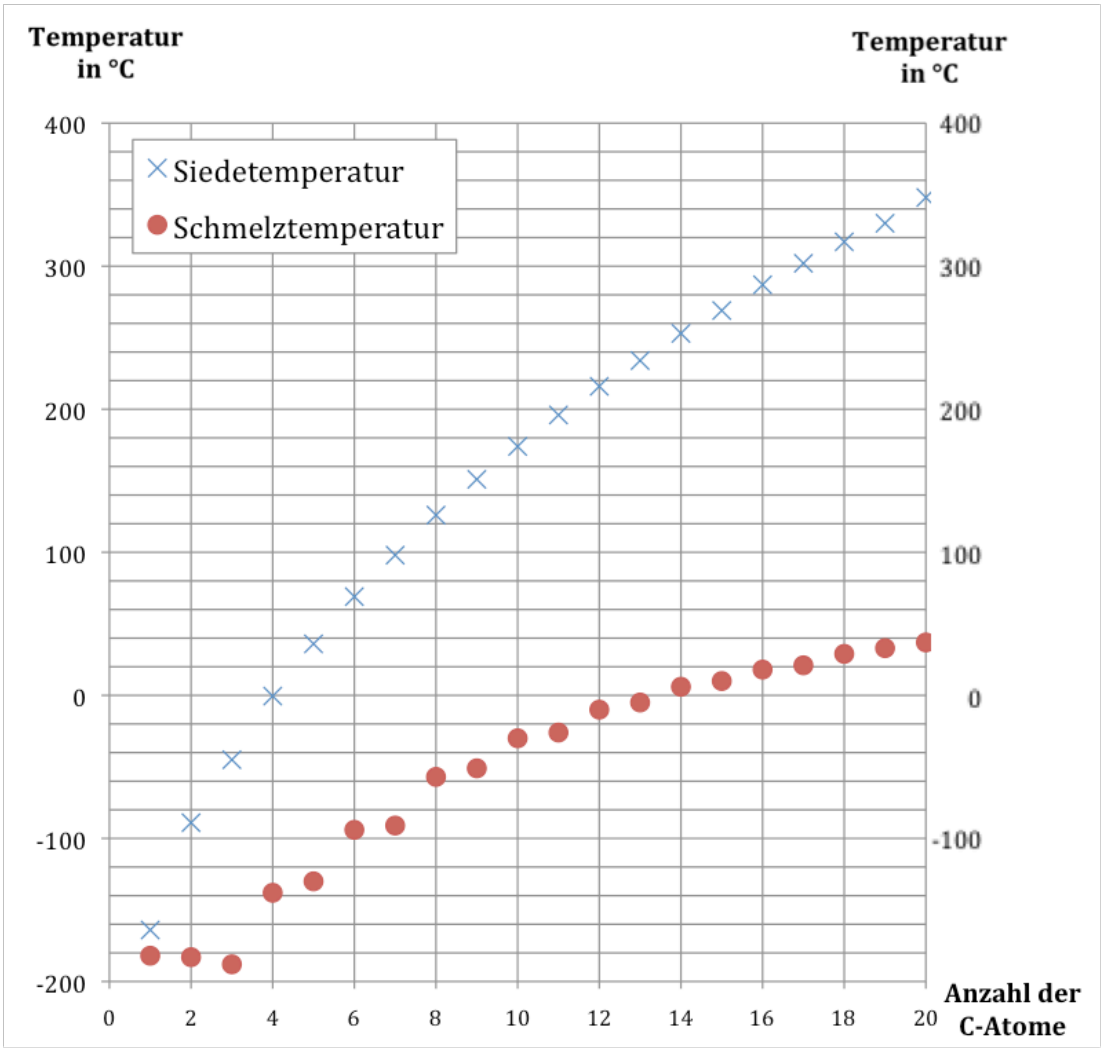
Abb. 44: Lernimpuls 4; Version 1

Der ehemalige Lernimpuls 4 (Mischen von zwei Farben) wurde in einer späteren Version gestrichen. Zu begründen ist dies mit einer Stärkung der Vorstellung, dass Antwort E die fachlich anerkannte sein könnte: Aufgrund der Mischfarbe orange wurde Antwort E als gestärkt angesehen. Als Alternative wurde Lernimpuls 6 - in der neuen Nummerierung jetzt Lernimpuls 5 - verändert, wie im Folgenden beschrieben:

Lernimpuls 6 (neue Nummerierung: 5) war für die Schüler in seiner ersten Version nicht eindeutig genug. Das durchgeführte Experiment hätte zeigen können, dass kein hoch viskoses Reaktionsprodukt vorliegt, jedoch fokussierten die Schüler darauf, dass es noch eine Flüssigkeit sei und sahen darin Antwort E gestärkt. Daher wurde zum einen von (Cyclo-)Octan zu (Cyclo-)Decan gewechselt, zum anderen wurde der im Lernimpuls beschriebene Fließtext durch eine Grafik ersetzt. Dies dient einem Wechsel der Darbietungsform und fördert die Schüler darin, Evidenzen aus einer Grafik abzuleiten (Abb. 45).

Lernimpuls 5

In folgender Grafik sind die Schmelz- und Siedetemperaturen von geradkettigen Alkanen dargestellt.



Nehmt bei der Deutung auch Bezug auf die Beobachtungen aus dem Experiment.

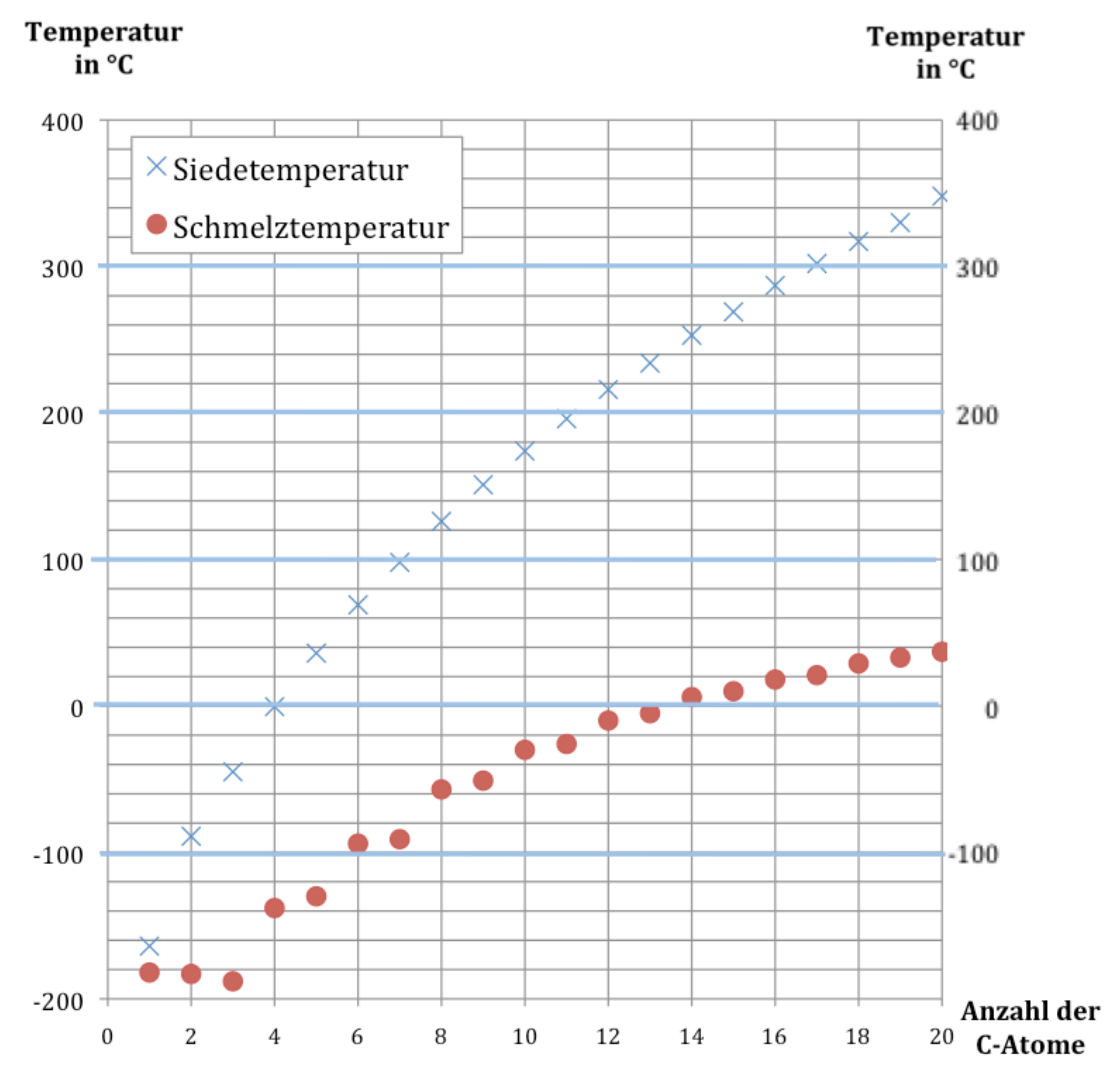
Welche Auswahlantworten werden durch diese Information gestärkt und welche geschwächt?

Abb. 45: Lernimpuls 5; Version 2

In einer dritten Version wurden die relevanten Antworten genannt und so der Lernimpuls gelenkter gestaltet (Abb. 46).

Lernimpuls 5

In folgender Grafik sind die Schmelz- und Siedetemperaturen von geradkettigen Alkanen dargestellt.



Welche Schlussfolgerungen zieht ihr aus dieser Grafik in Hinblick auf die Auswahlantworten [A], [C] und [E]?

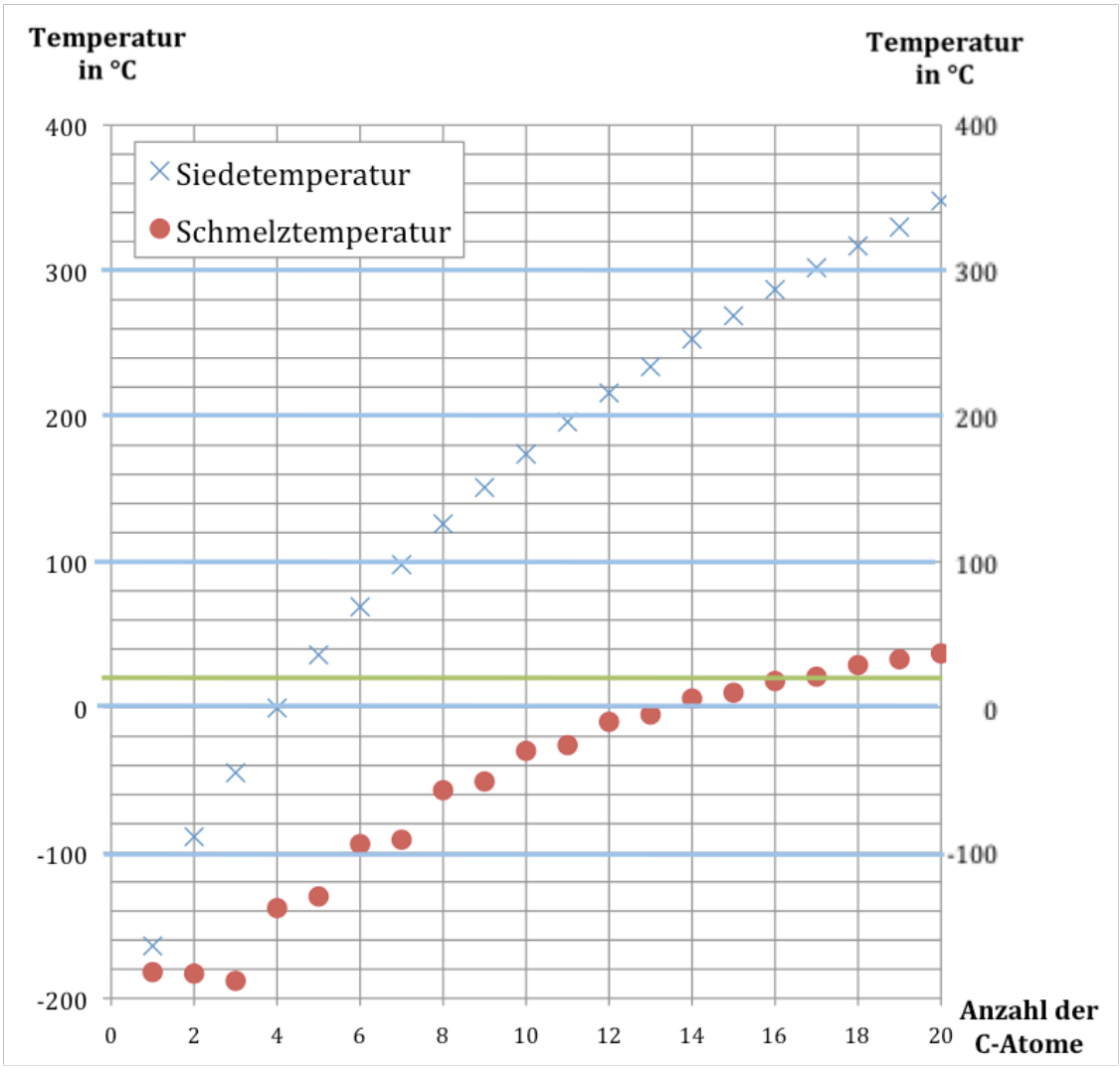
Nehmt auch Bezug auf die Beobachtungen aus dem Experiment in Lernimpuls 3.

Abb. 46: Lernimpuls 5; Version 3

Auch bei Version 3 gelang es nicht allen Schülern bzw. Schülergruppen die fachlich anerkannten Schlussfolgerungen zu ziehen; eher war es so, dass sie die Daten umdeuteten, indem sie sagten, dass es an dem jeweiligen Tag sehr warm sei etc., um bei Antwort E als angeblich fachlich anerkannte bleiben zu können. Um die Darstellung eindeutiger zu gestalten, wurde die Temperaturskala auf beiden Seiten eingefügt sowie ein Strich bei Raumtemperatur eingefügt (Abb. 47).

Lernimpuls 5

In folgender Grafik sind die Schmelz- und Siedetemperaturen von geradkettigen Alkanen dargestellt. Die grüne Linie liegt etwa beim Raumtemperatur (20°C).



Welche Schlussfolgerungen zieht ihr aus dieser Grafik in Hinblick auf die Auswahlantworten [A] und [E]?

Nehmt auch Bezug auf die Beobachtungen aus Lernimpuls 3.

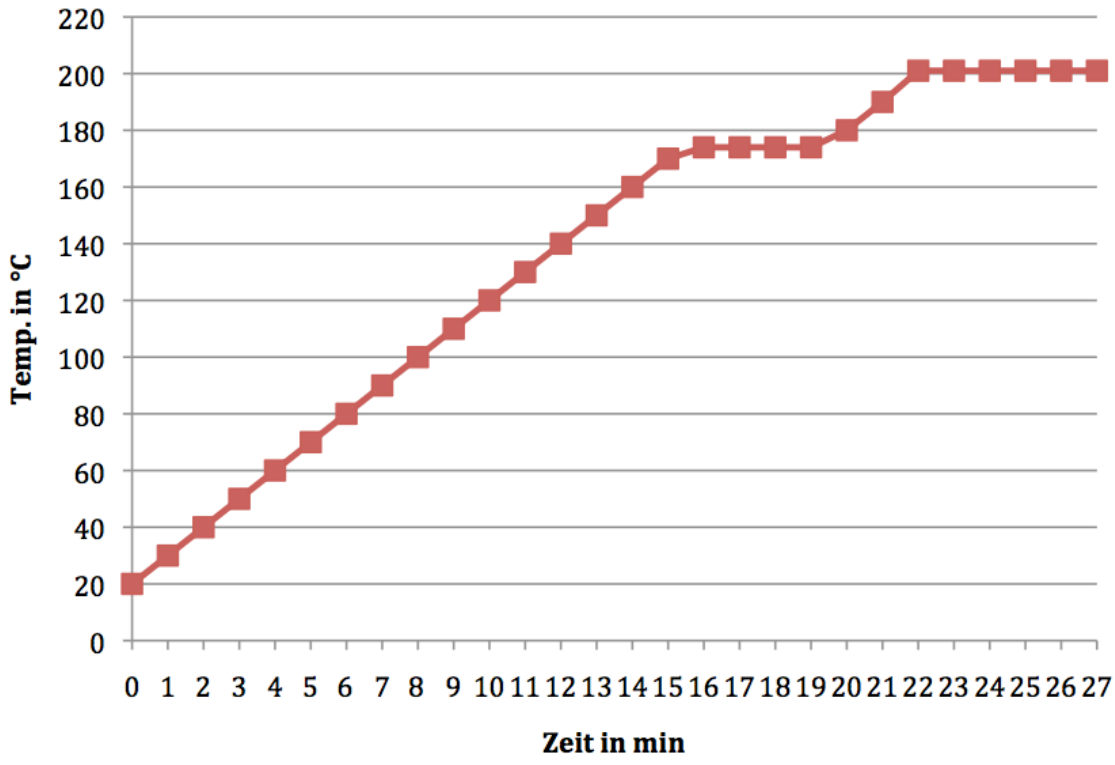
Abb. 47: Lernimpuls 6; Version 4

Der ursprüngliche Lernimpuls 7 - in der neuen Nummerierung Lernimpuls 6 - war als Abstraktion und Transferleistung gedacht, in der bekanntes Wissen mit neuen Erkenntnissen verknüpft werden kann. Dieses Vorhaben stellte sich als zu abstrakt dar. Der Lernimpuls wurde dahingehend verändert, dass die Frage nicht offen, sondern ebenfalls in Form einer zusätzlichen Grafik gestellt wurde (Abb. 48).

Die ursprünglichen Lernimpulse 8 und 9 - nach der neuen Nummerierung 7 und 8 - bleiben erhalten. Ergänzt wurden die fachwissenschaftlichen Impulse im Laufe der Pilotierung um den Lernimpuls bezüglich NOS (Abb. 49).

Lernimpuls 6

In folgender Grafik ist der Temperaturverlauf der Flüssigkeit aus Becherglas 3 dargestellt.



Welche Auswahlantworten werden durch diese Grafik gestärkt und welche geschwächt?

Abb. 48: Lernimpuls 6; Version 2

Lernimpuls 9

1. Ist die Auswahlantwort, die ihr letztendlich gewählt habt, durch eure Argumentation bewiesen? Begründet eure Antwort.
2. (Inwiefern) Erkennt ihr einen Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in dieser Doppelstunde und der Art und Weise, wie man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangt?

Abb. 49: Lernimpuls 9; Version 1

Die letztendliche Version der Lernimpulse lautet:

Lernimpuls 1:	Vorstellung; Diskussion (Abb. 32)	
Lernimpuls 2:	Molekülbaukasten (Abb. 33)	- schwächt A, B
Lernimpuls 3:	Experiment; Gasentwicklung (Abb. 42)	- schwächt C
Lernimpuls 4:	Vergleichsexperiment; Gasentwicklung (Abb. 43)	- schwächt C
Lernimpuls 5:	Siede- und Schmelztemperaturen (Abb. 46)	- schwächt A, E
Lernimpuls 6:	Siedediagramm (Abb. 47)	- schwächt A, B, C, E; stärkt D

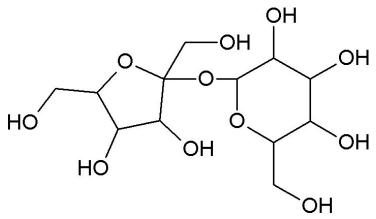
Lernimpuls 7: Einigung (Abb. 38)
Lernimpuls 8: Definition (Abb. 39)
Lernimpuls 9: NOS (Abb. 48)

4.2.2.5 Entwicklung der Anwendungsaufgabe

In der Anwendungsaufgabe werden die Erkenntnisse aus der Thematik des Lösens von Alkanen ineinander auf den Bereich der wässrigen Lösungen übertragen (Abb. 50).

Anwendungsaufgabe

Zucker (Saccharose) wird häufig verwendet, um Getränke wie Tee oder Kaffee zu süßen.



Zuckermolekül

Was passiert, wenn Zucker in Wasser gelöst wird?
Zeichne und beschreibe die auf Teilchenebene ablaufenden Vorgänge.

Abb. 50: Anwendungsaufgabe

Trotz Tee und Kaffee als Beispiele wird vereinfacht eine Lösung von Zucker in Wasser angenommen. Die Erkenntnisse, dass sich die Teilchen miteinander vermischen, jedoch keine Bindungen gebrochen oder neu eingegangen werden, können auf diese Thematik übertragen werden.

5 Methodik

Die Nutzung der Fallstudienforschung obliegt bis heute einer stetigen Schwankung aus Zeiten hoher bzw. geringer Anwendung. Die wichtigsten Grundlagen der Fallstudienforschung, wie sie bis heute verstanden wird, wurden zwischen 1900 und 1935 an der Universität von Chicago gelegt und entsprechend ist die Forschungsrichtung auch unter dem Begriff der *Chicagoer Schule* bekannt (Tellis 1997). Ein einsetzender Wunsch nach quantifizierbaren Daten, einhergehend mit dem Vorwurf der subjektiven Deutung qualitativer Daten, ließ die Nutzung des Fallstudiendesigns in den dreißiger Jahren zurückgehen. Erst in den sechziger Jahren wurde sie wieder häufiger genutzt, da Bedenken aufkamen, inwieweit quantitative Daten aus anonymen Fragebögen komplexe soziale Phänomene darzustellen vermögen (vgl. Glaser & Strauss 1967). In den Naturwissenschaftsdidaktiken gewinnen qualitative Verfahren zurzeit an Bedeutung (z B. Hußmann, Thiele, Hinz, Prediger & Ralle (2013); Hundertmark (2013); Saballus (2012); von Aufschnaiter (2004)); gleichzeitig wird die vermeintliche Unvereinbarkeit bzw. Gegenüberstellung qualitativer und quantitativer Verfahren schrittweise aufgehoben, sodass sich beide Richtungen im Sinne eines *mixed-method-designs* annähern (Becker, Hildebrandt & Kühlmann 2013). Gerade die Aufhebung der Trennung von qualitativen und quantitativen Verfahren ist eines der Kennzeichen, die eine Fallstudie als Forschungsmethode[30] nach Yin (2009) ausmachen. Diese Art der Fallstudie stammt ursprünglich aus dem Bereich der Rechtswissenschaft und wurde mit der Zeit auch in anderen Bereichen angewendet. In der Erziehungswissenschaft bzw. der didaktischen Forschung sind Beispiele für dessen Einsatz Hundertmark (2013) und Saballus (2012).

5.1 Fallstudiendesign nach Yin

Zu Beginn einer jeden Studie stellt sich die Frage nach der Methode, deren Wahl von Forschungsrichtung und Forschungsziel abhängt. Yin (2009) kategorisiert fünf Forschungsmethoden anhand folgender Merkmale: Art der Forschungsfrage, Kontrollierbarkeit der Variablen sowie der zeitlichen Einordnung (Tab. 10).

Die Fallstudie bietet sich bei Forschungsfragen an, die über ein *Wie* und/oder *Warum* zu formulieren sind. Sie stellen somit Fragen dar, deren Ziel eine ausführliche Beschreibung oder Erklärung von Prozessen ist. Anders als in einem Experiment werden im Rahmen einer Fallstudie keine Variablen kontrolliert; statt dessen soll das untersuchte Phänomen in all seinen Facetten im natürlichen Kontext erforscht werden. Dies impliziert bereits die Aktualität des Phänomens und grenzt es somit von einer geschichtlichen Untersuchung ab.

30 im Folgenden verkürzt als Fallstudie oder case study bezeichnet.

Tab. 10: Kategorisierung verschiedener Forschungsmethoden (nach Yin 2009, S. 8)

Methode	Art der Forschungsfrage	Variablenkontrolle	Fall der Gegenwart
Experiment	Wie, warum	Ja	Ja
Umfrage	Wer, was, wo, wie viel(e)	Nein	Ja
Analyse von Archivmaterial	Wer, was, wo, wie viel(e)	Nein	Ja/Nein
Geschichtliche Untersuchung	Wie, warum	Nein	Nein
Fallstudie	Wie, warum	Nein	Ja

Das Ziel einer Fallstudie ist es, tiefe Einblicke in einen Fall zu erhalten (Yin 2009). Dieser Fall kann über eine Person, aber auch beispielsweise über eine Institution oder ein Phänomen realisiert werden. Wird die Durchführung einer Fallstudie angestrebt, so ist es bereits zu Beginn wichtig, den untersuchten Fall vorläufig zu definieren. Die anfängliche Definition des Falls muss im Laufe der Fallstudie stetig reflektiert und gegebenenfalls verändert werden.
Yin (2009) definiert die Fallstudie als Forschungsmethode folgendermaßen:

1. *A case study is an empirical inquiry that*
   - *investigates a contemporary phenomenon in depth and within its real-life context, especially when*
   - *the boundaries between phenomenon and context are not clearly evident. [..]*
2. *The case study inquiry*
   - *copes with the technically distinctive situation in which there will be many more variables of interest than data points, and as one result*
   - *relies on multiple sources of evidence, with data needing to converge in a triangulations fashion, and as another result*
   - *benefits from the prior development of theoretical propositions to guide data collection and analysis. (S. 18)*

Der erste Teil der Definition beschreibt das in der Fallstudie anvisierte Phänomen in seiner Umwelt. Ein besonderer Stellenwert wird hier dem Kontext zugeschrieben, der als mögliche Quelle von Erkenntnissen gesehen wird. Der Einbezug des Kontextes resultiert in einer hohen Komplexität der Untersuchung. Dieses wird im zweiten Teil der Definition deutlich, in dem eher technische Aspekte beschrieben werden: zum einen die hohe Anzahl an Datenpunkten, die es zu erheben und zu triangulieren gilt, um Fall und Kontext angemessen zu erfassen, zum anderen der Vorteil von aus der Literatur abgeleiteten Propositionen, um die Datenerhebung und -analyse zu leiten. Die Betrachtung bestehender Forschung und damit bestehender Theorien spielt eine nicht zu unterschätzende Rolle, um Design und Datensammlung zu planen und zu strukturieren und letztendlich eine erfolgreiche Fallstudie durchzuführen. Der Beginn einer jeden Fallstudie ist daher die Literatursichtung unter stetiger Reflexion der Frage, wie sich die geplante Studie und die Forschungslage zueinander verhalten.

Yin (2009) räumt dahingehend Ausnahmen von einer ausführlichen Literatursichtung ein, dass gerade in explorativen Studien Daten erhoben werden, ohne dass eine finale Forschungsfrage besteht. An dieser Stelle können Forscher ihrer Intuition folgen, welches über das Ziel, Theorien aus Beobachtungen zu erhalten, gerechtfertigt wird. Weiterhin ist es nach Yin möglich, eine Studie durchzuführen, ohne auf bestehende Theorie aufzubauen. Der Nachteil einer auf Theorie aufbauenden Studie ist, dass die Theorie die Möglichkeit, Entdeckungen zu machen, aufgrund von bestehenden Annahmen verringern kann. Dieser Nachteil wird jedoch durch die Vorteile aufgewogen: So ist es einfacher, neue Erkenntnisse zu implementieren, wenn diese auf bestehenden Theoriegebäuden aufbauen im Sinne einer Unterstützung, Ausweitung oder auch einem Angriff. Anhand von theoriegeleiteter Analyse können Muster verdeutlicht werden. Zudem bietet die Theorie die Möglichkeit einer präziseren Analyse.

Die Fallstudie als Forschungsmethode gilt nicht als Art der Datensammlung oder Teil eines Designs, sondern als allumfassende Methode, die Design, Techniken der Datensammlung und spezielle Arten der Datenanalyse umfasst. Diese Methode orientiert sich an einem möglichen Weg naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Nach Yin (2004) ist die Intention dieses Weges, dem Vorwurf einer fehlenden Systematik zu entgehen und so angemessenen Gütekriterien zu entsprechen:

> *While no method of social research, by definition, can replicate the scientific method in the natural sciences, the present chapter is written from the perspective that* emulating *the principles of scientific research - e.g., starting with explicit research questions, using a research design to address the questions, collecting and fairly present in evidence to support interpretations, and referencing related research to aid in defining questions and drawing conclusions - will produce stronger case study research (Yin 2004, S. 24; Hervorhebung im Original)*

An dieser Stelle wird deutlich, dass es - wie in der naturwissenschaftlichen Forschung auch - nicht *die* Realisierung einer Fallstudie als Forschungsmethode gibt, sondern dass dieses für jeden Fall erstellt bzw. angepasst werden muss, damit es Zielen und Rahmenbedingungen gerecht wird. Je nach Fall können vier Arten einer Fallstudie unterschieden werden, die aus einer 2x2-Matrix hervorgehen (Abb. 51). So können Fallstudien als Einzelfallstudie oder Mehrfallstudie realisiert werden sowie als holistische oder integrierte Studie. Die am wenigsten komplexe Form des Aufbaus stellt die holistische Einzelfallstudie dar, die über einen definierten Fall sowie dessen Kontext zu definieren ist. Werden innerhalb einer Studie mehrere Fälle untersucht, so entspricht dies einer holistischen Mehrfallstudie. Der Vorteil einer Mehrfallstudie besteht nach Yin in einer Art Replikationslogik: Das Ziel ist hier das Aufzeigen sich wiederholender Muster, um gezogene Schlussfolgerungen zu stützen. Die Ergebnisse von Mehrfallstudien gelten als valider und robuster gegenüber Einspruch bzw. Angriffen. Gleichzeitig gelten Mehrfallstudien als komplexer und zeitaufwändiger als Einzelfallstudien.

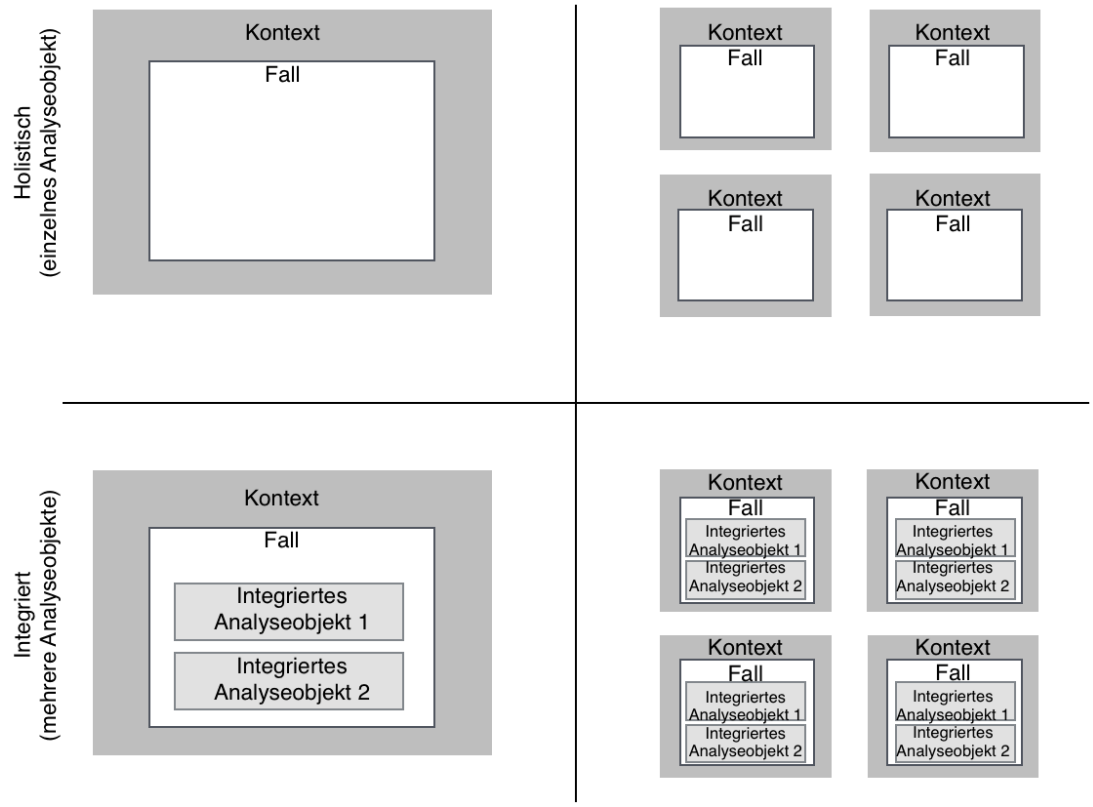


Abb. 51: Vier Arten einer Fallstudie (nach Yin 2009, S. 46)

Integrierte Fallstudien zeichnen sich dadurch aus, dass innerhalb eines übergreifenden Falles mehrere Analyseeinheiten untersucht werden. Als Beispiel können eine Firma als Fall und die entsprechenden Abteilungen als integrierte Analyseobjekte genannt werden. Werden auf diese Art mehrere Fälle untersucht, geschieht dies durch eine integrierte Mehrfallstudie (Yin 2009).

Anders als häufig angenommen dient die Fallstudie nach Yin (2009) nicht ausschließlich einer Thesengenerierung oder Theoriebildung, sondern sie kann auch erklärenden Charakter besitzen. Entsprechend werden explorative, deskriptive und explanative Fallstudien unterschieden:

- *Explorative Fallstudien* dienen primär der Generierung von Thesen. Sie eignen sich vor allem bei der Untersuchung von neuen, noch wenig bearbeiteten Fällen oder Fragestellungen (Eisenhardt 1989). Durch explorative Studien wird ein neues Untersuchungsfeld eröffnet, über welches Anknüpfungspunkte für folgende Studien aufgezeigt werden. Die Datenaufnahme erfolgt vor definierter Fragestellung (Yin 2009).
- *Deskriptive Fallstudien* dienen ebenfalls der Thesengenerierung. Sie werden meist über Fragen im Sinne eines „Was passiert?“ realisiert. Die Datenaufnahme und -analyse ist durch vorab erstellte Propositionen (im Sinne eines auf der Theorie basierenden Vorhersagensystems) strukturiert. Auf diese Art ist es möglich, komplexe Zusammenhänge zu verstehen und zu abstrahieren.
- *Explanative Fallstudien* interpretieren und erklären die beobachteten Ereignisse in Hinblick auf ihre Hintergründe. Forschungsfragen sind hier meist in Form eines

„Warums“ realisiert. Sie dienen somit der Untersuchung von Wirkungszusammenhängen. Noch mehr als bei deskriptiven Studien ist eine der Datenaufnahme vorausgehende Erstellung der Propositionen erforderlich (Yin 2009).[31]

Die hier nur scheinbar scharf abgegrenzten Arten der Fallstudie greifen in der Realität häufig ineinander und sind nicht exakt voneinander abzugrenzen.

Allen drei Varianten der Fallstudie gemein sind folgende Komponenten, welche im Anschluss näher erläutert werden sollen:

- Forschungsfrage
- Propositionen
- Analyseeinheiten
- Logische Verbindung von Daten zu Propositionen
- Kriterien für die Interpretation der Ergebnisse

Die Art der *Forschungsfrage* legt - wie oben beschrieben - bereits weitgehend die Forschungsmethode sowie innerhalb der Fallstudie auch deren Art (explorativ, deskriptiv, explanativ) fest.

Die *Propositionen* werden je nach Art der Fallstudie unterschiedlich realisiert; wichtig ist jedoch immer, dass sie auf bestehenden Forschungen basieren. Die Erstellung und spätere Anwendung der Propositionen entspricht einer Art Replikationslogik: So können beispielsweise bei einer deskriptiven Studie auf Basis der Literatur verschiedene Idealvorstellungen eines Phänomens beschrieben werden, die später als Anhaltspunkt für die Analyse dienen kann. Weiterhin hilft eine theoriebasierte Idealvorstellung, das Phänomen im Ergebnisteil reflektiert und pointiert zu beschreiben. Die Idealvorstellung bietet eine Struktur, an die sich der Forscher halten kann, ohne jedoch eine Einschränkung zu erfahren: Nicht vorhergesehene Ergebnisse werden ebenfalls aufgenommen und beschrieben (Yin 2009). Bei explanativen Fallstudien werden Propositionen vor allem im Sinne eines aus Thesen bestehenden Vorhersagensystems verwendet. Dieses Vorhersagensystem basiert auf Erkenntnissen der Forschung; aus diesen Erkenntnissen werden Vorhersagen über den zu untersuchenden Fall abgeleitet und möglicherweise in weitere Subfragen gegliedert. In der späteren Analyse wird das erstellte Vorhersagensystem mit den realen Daten der Studie verglichen. In Bezug auf diese Verfahren des Thesenaufstellens und -prüfens entspricht das Vorgehen der Fallstudie einem typischen Vorgehen naturwissenschaftlicher Forschung (Yin 2009). Bei explorativen Studien geschieht die Datenerhebung vor der Definition der Forschungsfrage bzw. des Falls, sodass eine dezidierte Erstellung von Propositionen nicht möglich ist. Jedoch sollte auch bei dieser Art der Fallstudie zumindest ein grober theoretischer Rahmen abgesteckt werden.

Die *Analyseeinheiten* (unit of analysis) sind die Elemente des Falls, die untersucht werden sollen. Analyseeinheiten und Fall stehen dabei in wechselseitiger Beziehung: Der Fall gibt

31 Da die vorliegende Arbeit deskriptiven sowie explanativen Charakter hat, wird die explorative Fallstudie weniger behandelt.

zu einem gewissen Grad die Analyseeinheiten vor; der Fall wird in seiner Definition andererseits gerade durch die Festlegung von Analyseeinheiten geschärft und abgegrenzt. Somit wird erst durch die Festlegung der Analyseeinheiten der Fall definiert. Die Erstellung der Analyseeinheiten basiert sowohl auf der Forschungsfrage als auch auf den Propositionen. Insgesamt ist der hier statisch wirkende Ablauf flexibel und offen zu gestalten; so können sich beispielsweise im Laufe der Analyse Ergebnisse zeigen, die die Forschungsfrage beeinflussen, neue Analyseeinheiten aufzeigen oder auch die Erstellung neuer Propositionen erfordern (Yin 2003).

Bevor die Daten im nächsten Schritt analysiert werden können, müssen sie erhoben werden. Daher sei an dieser Stelle ein kurzer Exkurs über die Möglichkeiten in Bezug auf die Datenerhebung eingeschoben:

Für die Fallstudie kennzeichnend ist der multiple Methodeneinsatz, um verschiedene Evidenzen zu untersuchen. Yin (2003) nennt hier sechs typische Datenquellen:

- direkte Beobachtung (auch über Videographie zu realisieren)
- Interviews
- Aufnahmen
- archivierte Dokumente
- teilnehmende Beobachtung
- physikalische Artefakte

Um möglichst viele Blickwinkel auf den Fall einnehmen zu können, betont Yin die Pluralität der Methoden, die qualitative und quantitative Daten einschließt. Die Daten sollen aus möglichst vielen Quellen stammen und auf verschiedenen Weisen bzw. mit verschiedenen Techniken ausgewertet werden (Yin 2003). Auf diese Weise ist es gleichzeitig möglich, Daten und Erkenntnisse zu triangulieren. Die Triangulation der Daten erfolgt, indem verschiedene Evidenzen aus verschiedenen Datenquellen auf ein Faktum hinweisen (vgl. Abb. 52).

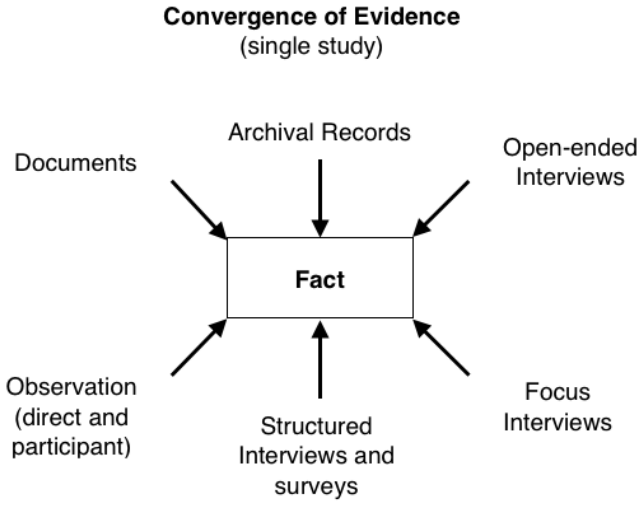


Abb. 52: Konvergenz von Evidenzen (nach Yin 2009, S. 117)

Über die multiple Art der Datenerhebung ist es weiterhin möglich, rivalisierende Vorhersagen und Erklärungen zu untersuchen. Yin (2009) betont den skeptischen und konkurrierenden Blick bei der Erhebung und Auswertung der Daten, um stetig verschiedene Sichtweisen evaluieren zu können.

Die letzten zwei Punkte, *logische Verbindung von Daten zu Propositionen* sowie die Kriterien für die Interpretation der Ergebnisse, sind die zwei am wenigsten ausgearbeiteten Punkte des Designs. Bei qualitativen Daten gibt es - anders als bei quantitativen Daten - keinen Algorithmus, über den eine Auswertung möglich ist. Daher ist es auch bei der Analyse von besonderer Wichtigkeit, strukturiert vorzugehen, dieses Vorgehen zu dokumentieren und nachvollziehbar zu präsentieren. Yin (2009) beschreibt vier mögliche Analysestrategien, die bereits vor der Datenaufnahme bedacht werden sollen, damit die Daten später auf diese Weise auszuwerten sind:

1. Stützung auf theoretische Propositionen,
2. Entwicklung einer Fallbeschreibung,
3. Verwendung von qualitativen und quantitativen Daten und
4. Untersuchung von rivalisierenden Erklärungen.

Strategie eins und zwei wurden bereits im Kontext der Propositionen beschrieben. Yin sieht hier einen Vorteil bei den theoretischen Propositionen gegenüber der Fallbeschreibung, benennt letztere jedoch als adäquate Möglichkeit der Strukturierung, besonders für deskriptive Studien. Strategie drei beschreibt den Einsatz multipler Methoden. Häufig bestehen Fallstudien primär aus qualitativen Daten. Es kann jedoch sinnvoll sein, diese mit quantitativen Daten zu stützen bzw. zu ergänzen. Als Beispiel werden typische „Outcome"-Situationen benannt, wie beispielsweise der Lernerfolg oder eine medizinische Praktik. Die quantitativen Daten können hier innerhalb eines Falls eine eigenständige Analyseeinheit bilden. Die vierte Strategie baut auf den vorherigen drei auf bzw. kann in ihnen bereits enthalten sein: Theoretische Propositionen und Fallbeschreibungen können rivalisierende Erklärungen bieten; qualitative und quantitative Daten aus zu vergleichenden Gruppen können miteinander unvereinbar sein. Im einfachsten Fall benennt eine erklärende Fallstudie eine Beobachtung als Resultat einer Intervention. Die einfachste rivalisierende Erklärung wäre, dass nicht die Intervention, sondern ein anderer Faktor das Resultat bedingt. Entsprechend ist das Ziel einer Fallstudie, möglichst viele Daten des Falls sowie des Kontexts zu erheben.[32] Neben diesen Strategien, die vor der Datenaufnahme bewusst sein sollten und die eine Art Rahmen für die Analyse bieten, stellt Yin (2009) weiterhin fünf konkrete Analysemethoden vor: *pattern matching, explanation building, time-series analysis, logic models* und *cross-case synthesis*. In Ansätzen wurden diese Vorgehensweisen zum Teil bereits beschrieben. Dennoch wird an dieser Stelle eine genauere Betrachtung von drei Analysetechniken angestrebt.

32 Für weitere Arten rivalisierender Erklärungen sei auf Yin (2009, S. 134-135) verwiesen.

Pattern matching

Die häufigste Analysetechnik ist die des pattern matching, also ein Mustervergleich. Yin definiert den Begriff des Musters nicht explizit, nennt jedoch aus den Daten generierte Erkenntnisse wie die Häufigkeiten oder die Kombination von Kodierungen als Beispiele. Diese Muster sind konzeptuell zu niedrig einzuschätzen, als dass anhand eines Musters die eigentliche Forschungsfrage beantwortet werden kann. Sie dienen aber in ihrer Gesamtheit sowie in der Chance, sie mit vorab erstellten Mustern zu vergleichen, der abschließenden Beantwortung der Forschungsfrage.

Wie bereits angedeutet, wird zwischen vorab erstellten Mustern und Mustern, die im Rahmen der eigentlichen Datenauswertung deutlich werden, unterschieden. Die vorab erstellten Muster basieren zum einen auf vorhandener Forschungsliteratur und sind damit in Bezug auf den zu untersuchenden Fall hypothetischer Natur. Sie können zum anderen ergänzt werden um rivalisierende Muster: Dafür werden entsprechend der Literatur entgegengesetzte Muster in operationalisierter Weise versprachlicht. Diese Muster bilden zusammen das Vorhersagensystem. Im Rahmen des Analyseprozesses werden diese Vorhersagen mit den aus den Daten erkennbaren Mustern - also die hypothetischen Muster mit der Realität - abgeglichen. Yin betont den Stellenwert der rivalisierenden Muster: Auf diese Weise wird der geforderte skeptische Blick des Forschers erhalten, sich nicht durch Erwartungen in Bezug auf zu findende Muster beeinflussen zu lassen, und damit im Endeffekt die interne Validität erhöht.

Explanation building

Das explanation building ist eine Form des pattern matching, die einen erhöhten Schwierigkeitsgrad hat. Das Ziel ist es, die Daten zu analysieren, indem Erklärungen über den Fall gebildet werden. Dieses Vorgehen ist lediglich relevant bei Studien, die erklärenden Charakter besitzen; hier wird ein Phänomen erklärt, indem kausale Verbindungen über dessen „Wie“ oder „Warum“ erstellt werden. Die Vorgänge während des explanation building sind noch nicht operationalisiert worden. Eine mögliche Vorgehensweise stellt jedoch folgendes Beispiel dar:

- Aufstellen einer initialen Proposition
- Vergleich eines ersten Falls mit diesen Propositionen
- Veränderung der Proposition
- Vergleich weiterer Details des Falls mit der neu erstellen Proposition
- Vergleich der neu erstellte Proposition gegen Fakten des zweiten, dritten,... Falls
- Wiederholung der genannten Schritte

Auf diese Art und Weise wird - anders als beim pattern matching - eine Erklärung über viele Schritte entwickelt, indem Evidenzen untersucht, Propositionen überarbeitet und beides stetig miteinander verglichen wird. Auf diese Weise erhält der Vorgang einen itera-

tiven Charakter. Genau dieses stellt eine mögliche Schwierigkeit dar, da der Forscher im Laufe des Prozesses von der ursprünglichen Thematik abweichen kann.

Cross-case synthesis
Diese Technik ist nur relevant in Mehrfallstudien; über sie ist es möglich, weniger angreifbare Ergebnisse zu erhalten als bei Einzelfallanalysen. Die Technik behandelt die einzelnen Fälle innerhalb einer Mehrfallstudie als Einzelfall; in diesem Sinne unterscheidet sich die Technik im Ansatz nicht von den anderen Analysemethoden. Die Besonderheit ist das Sammeln der Ergebnisse über einzelne Fälle hinweg. Die Synthese verschiedener Ergebnisse basiert meist auf qualitativen Methoden; bei hoher Teilnehmerzahl können auch quantitative Methoden eingesetzt werden. Bei qualitativen Methoden ist eine Möglichkeit der Synthese das Erstellen von Tabellen (im Original *word tables*), in denen die Ergebnisse jeder Studie sehr komprimiert dargestellt werden. So können Muster erkennbar werden, anhand derer neuer Schlussfolgerungen möglich sind. Über das Erstellen von Tabellen zu weiteren Aspekten jeder Studie ist eine übergreifende Reflexion der Fälle möglich. Anschließend ist das Erstellen einer Gesamtübersicht über verschiedene Ergebnisse und Charakteristika der Fälle in einer Tabelle möglich. In dessen Analyse können über das Gruppieren von Fällen Ähnlichkeiten und Unterschiede herausgearbeitet werden, die letzten Endes in der Bildung von Typen resultiert.

Das letzte Element der case study thematisiert die Güte anhand von *Kriterien für die Interpretation der Ergebnisse.* Eine Fallstudie kann nicht mit qualitativer Forschung gleichgesetzt werden. Sie ist mehr als eine Methode im Sinne eines eingesetzten Instruments, denn sie beschreibt den Forschungsvorgang von Beginn bis zum Ende. Die Daten werden jedoch häufig über qualitative Methoden erhoben und durch quantitative Daten ergänzt. Für dieses mixed-method-design mit Fokus auf qualitativen Daten ist es daher sinnvoll, sich an Gütekriterien qualitativer Forschung zu messen (Yin 2009). Zur Beurteilung der Güte werden nach Yin (2009) vier Kriterien herangezogen: Konstruktvalidität, interne und externe Validität sowie Reliabilität.
Die *Konstruktvalidität* beschreibt die Passung der Methoden in Bezug auf die Fragestellung. Eine Validierung erfolgt zum einen über eine klare Auswahl und Definition der zu untersuchenden Fälle bzw. Analyseobjekte, zum anderen über die Identifizierung von Methoden, die zu dem zu untersuchenden Fall bzw. den zu untersuchenden Analyseobjekten passen. Die Passung muss nachvollziehbar und plausibel begründet werden. Um eine hohe Konstruktvalidität zu erreichen, nennt Yin (2009) drei Vorgehensweisen:

- *Evidenzen aus verschiedenen Quellen einbeziehen* - dieses Vorgehen wurde bereits im Rahmen des multiplen Methodeneinsatzes thematisiert und anhand der Abbildung 53 verdeutlicht. Die aus verschiedenen Quellen stammenden Evidenzen werden gesammelt und zur ausführlichen Beschreibung eines Falles genutzt; dieses Vorgehen dient gleichzeitig der Triangulation der Daten.

- *Kette der Evidenzen beschreiben* - der Leser einer Studie soll an jeder Stelle über Evidenzen informiert sein. Dies beginnt bei der Formulierung der Forschungsfrage und endet bei der letzten dargestellten Schlussfolgerung. Dies impliziert auch, dass Leser einer Schlussfolgerung die Möglichkeit haben müssen, den Weg der Evidenzen bis hin zu den ursprünglichen Daten nachvollziehen zu können.
- *Entwurf der Studie gegenlesen lassen* - Ein Entwurf der Studie bzw. kleinerer Abschnitte der Studie sollen sowohl von Kollegen als auch von Probanden und beteiligten Personen gegengelesen und somit überprüft werden. Möglicherweise strittige Darstellungen oder Schlussfolgerungen können so diskutiert und unter Umständen verändert werden.

Die *interne Validität* ist von besonderer Bedeutung bei explanativen Fallstudien. Als intern valide werden Studien bezeichnet, deren Ergebnisse bzw. Schlussfolgerungen sich vollständig aus den erhobenen Daten ableiten lassen, ohne dass die Möglichkeit besteht, dass eine nicht untersuchte Variable einen kausalen Aspekt eines Phänomens darstellt (Yin 2009). Somit gilt eine Schlussfolgerung als intern valide, wenn „alle rivalisierenden Erklärungen abgewogen und ausgeschlossen wurden und wenn die verwendeten Daten zu den ausgewählten Messkriterien alle in dem gleichen Ergebnis konvergieren." (Schmidt 2006, S. 109)

Die *externe Validität* beschreibt den Grad möglicher Generalisierbarkeit über die Grenzen des untersuchten Falls hinaus. Die fehlende Generalisierbarkeit ist ein Vorwurf, dem sich die Befürworter der Fallstudie häufig konfrontiert sehen. Dieser Vorwurf basiert auf der Gleichsetzung von Fallstudie und der Umfrage (survey research). Letzteres hat die Intention, Ergebnisse bspw. über eine repräsentative Stichprobe zu verallgemeinern - man spricht hier von *statistischer* Generalisierbarkeit. Der Methode der Fallstudie inhärent ist die Tatsache, dass eine statistische Generalisierbarkeit kaum bis nicht erreicht werden kann - und auch nicht intendiert ist. Das Ziel von Fallstudien ist es vielmehr, eine *analytische* Generalisierbarkeit zu erreichen. Über diese wird versucht, aus einem bestimmten Setting an Ergebnissen eine übergeordnete Theorie zu entwickeln. Dieses Vorgehen entspricht dem in der naturwissenschaftlichen Forschung, in der Generalisierungen von Ergebnissen auf Basis einer kleinen Anzahl von Experimenten vorgenommen werden, ohne dass diese Experimente statistisch generalisierbar sind. Auch die externe Validität wird über den Rückbezug der Daten und Muster auf ein Vorhersagensystem erhöht. Weiterhin muss die Theorie sich in mehreren Fällen bestätigen und wird so im Sinne der Replikationslogik gefestigt.

Die *Reliabilität* beschreibt die Zuverlässigkeit einer Untersuchung. Ergebnisse sind dann reliabel, wenn ein anderer Forscher bei wiederholter Durchführung der Fallstudie die gleichen Ergebnisse erhalten würde. Die Kriterien für die Erfüllung der Reliabilität ist in der Fallstudie zuerst die genaue Dokumentation des Vorgehens in jeder Phase (Planung, Durchführung, Analyse etc.), sodass sie für Dritte nachvollziehbar wird (Yin 2009).

5.2 Hauptstudie

Die Studie richtet sich nach der case study research method nach Yin (2003, 2004, 2009). Den Fall bilden hier die mit der Konzeption arbeitenden Schüler.
Das ursprünglich als eine Einzelfallstudie geplante Design wurde aufgrund von Erkenntnissen, die während der Weiterentwicklung des Lernmaterials entstanden, zu zwei Einzelfallstudien ausgeweitet; die Gewichtung liegt hierbei auf der ersten Fallstudie, die Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse untersucht. In der zweiten Einzelfallstudie (Ergänzungsstudie) wird die Konzeptentwicklung bezüglich NOS analysiert; die untersuchten Aspekte stellen einen wichtigen, jedoch nicht notwendigen Bestandteil in der Beschreibung des Phänomens dar. Die Studien werden hier getrennt voneinander vorgestellt, aufgrund vieler Parallelen jedoch im weiteren Verlauf teils vernetzt thematisiert. Die jeweiligen Ergebnisse der Studien werden abschließend aufeinander bezogen.
Die Teilnehmer der Hauptstudie sind Schüler aus drei Klassen/Kursen der Oberstufe einer Gesamtschule sowie zweier Gymnasien aus dem Kölner Raum. Insgesamt nahmen 61 Schüler an der Hauptstudie teil, von denen 40 über die Videographien näher untersucht wurden.
In den folgenden Kapiteln wird die konkrete Umsetzung des Fallstudiendesigns beschrieben; diese entspricht einer Anwendung des Fallstudiendesigns nach Yin, welches in Bezug auf die Forschungsfrage und den Fall angepasst wurde. Nach der Darstellung der Forschungsfragen sowie des Vorhersagensystems erfolgt eine Beschreibung der Datenerhebung sowie im folgenden Kapitel die Beschreibung der Instrumente sowie die Aufbereitung der entstandenen Daten.

5.2.1 Forschungsdesign

Die übergreifende Forschungsfrage zu beiden Fallstudien lautet:

> *Wie verlaufen Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice²learn?*

Bereits die Formulierung als „Wie-Frage“ bietet einen Hinweis auf eine Fallstudie als geeignetes Forschungsdesign. Entsprechend der Forschungsfrage bilden in der primären Studie Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen von choice²learn (Phasen 1-3) den zu untersuchenden Fall.
Die Beschreibung des Falls beschränkt sich auf die Phasen eins bis drei der Konzeption, da die Phasen vier und fünf nicht durchgeführt wurden. Dies geschah zum einen, da sich die Forschungsfrage primär auf Phase drei bezieht, zum anderen aus dem pragmatischen Grund, dass die Durchführung aller Phasen aufgrund zeitlicher Aspekte, die im normalen Einsatz nicht gegeben wären (Vorstellen der beteiligten Studenten, Erklärung über Einsatz der Kameras, Einsatz des FAM etc.), nicht in allen Klassen möglich gewesen wäre. Der Fall wird in seinem natürlichen Kontext, dem Chemieunterricht, untersucht, wobei der

Einsatz der Unterrichtskonzeption nicht in die jeweils durchgeführte Unterrichtsreihe einfügt, sondern separat von dieser zu sehen ist. Der natürliche Kontext ist dennoch dahingehend gegeben, dass es sich nicht um eine kontrollierte Laborstudie handelt.
Neben der Hauptdatenquelle - den während der Kleingruppenarbeiten entstandenen Videos - werden Daten zu kognitiven Fähigkeiten, zur Motivation sowie zu allgemeinen Aspekten wie Alter etc. erhoben; weiterhin wird ein Reflexionsbogen zu Einstellungen bezüglich der Konzeption und zur Selbsteinschätzung eingesetzt. Ziel ist es, den Fall so aus möglichst vielen Blickwinkeln betrachten und die Daten somit triangulieren zu können.
Die Studie ist eine primär deskriptive Studie, in welcher Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse beschrieben werden sollen. Über die weiterhin erhobenen Daten, die Faktoren höheren bzw. geringeren Lernerfolgs darstellen können (Motivation, kognitive Fähigkeit etc.), werden abstrahierende Erklärungen für unterschiedliche Lern- und Gesprächsverläufe angestrebt. Somit teilt sich die Studie in deskriptive und explanative Anteile. Nach Yin (2009) ist dieses innerhalb einer Fallstudie möglich, da die verschiedenen Arten (explorativ, deskriptiv, explanativ) ineinandergreifen können.
Die hier verwendeten Daten stammen aus drei Klassen/Kursen zum Thema *Verdampfen von Eugenol*. Da es sich bei den Probanden um Schüler etwa des gleichen Alters handelt, wird die Studie als Einzelfallstudie durchgeführt. Innerhalb der Klassen/Kurse werden jeweils die Kleingruppenarbeiten als hauptsächliche Analyseeinheiten untersucht, sodass man von einem eingebetteten Studiendesign sprechen kann. Insgesamt gibt es für die Eugenolaufgabe drei Durchgänge mit zwei mal vier und einmal zwei Gruppen (=Analyseeinheiten), also insgesamt zehn Analyseeinheiten. Diese Gruppen setzen sich aus jeweils vier Schülern zusammen.
Die theoretische Basis der Studie liegt im Bereich der Konzeptentwicklungs- sowie der Gesprächsforschung. Für die Konzeptentwicklung wurde - wie für eine deskriptive Studie wünschenswert - bereits in Kapitel 4 eine Idealvorstellung präsentiert. In dieser wurde für jeden Lernimpuls aufgeführt, welche Vorstellungen verändert werden sollen. Um ein über alle Gruppen hinweg systematisches Vorgehen zu gewährleisten, wurde zudem ein Vorhersagesystem mit Subfragen entwickelt. Dieses basiert zum größten Teil auf bestehenden Forschungsergebnissen, welche in den Subfragen bezüglich der Konzeption spezifiziert wurden (vgl. Kap. 5.2.2).
Die Beschreibung der Fallstudie nach Yin (2009) stößt an Grenzen, wenn es um konkrete Datenaufbereitung und Analysetechniken geht; daher wird die Datenaufbereitung im Sinne der Entwicklung von Kodierleitfäden und Kategoriesysteme durch die Adaption von Teilen der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2012) ergänzt (vgl. Kap. 5.2.5).

5.2.2 Forschungsfragen

Die übergreifende Forschungsfrage lautet:

Wie verlaufen Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice²learn?

Dazu wurden zwei Thesen formuliert, die die Bereiche Konzeptentwicklung (K) und Gespräche (G) näher charakterisieren:

K *Die Unterrichtskonzeption choice²learn initiiert Schüler, ihre wissenschaftlich nicht anerkannten Konzepte zu verändern.*

G *Die Unterrichtskonzeption choice²learn initiiert Schüler, sich kollaborativ sowohl mit dem Lernmaterial als auch mit den Aussagen der Gruppenmitglieder auseinanderzusetzen.*

Der Bereich der Konzeptentwicklung beinhaltet dabei neben fachwissenschaftlichen Vorstellungen auch Vorstellungen in Bezug auf nature of science. Die formulierten Thesen basieren dahingehend auf bestehender Literatur, dass die Konzeption auf Grundlage bestehender Kriterien aus Konzeptentwicklungs- bzw. Gesprächsforschung entwickelt wurde. Für eine systematische Untersuchung wurde ein Vorhersagensystem in Form von Thesen und entsprechenden Subfragen erstellt. Die Realisierung des Vorhersagensystems basiert auf den beschriebenen Strategien Yins, wie beispielsweise der Forderung, das Vorhersagensystem aus bestehenden Erkenntnissen der Forschung abzuleiten sowie der Generierung und Überprüfung rivalisierender Thesen (vgl. These KF-2 und KF-3). Für eine genauere Diskussion der Güte der Daten sowie des Designs sei auf Kapitel 5.4 verwiesen.

Konzeptentwicklung_Fachwissen_Doppelstunde

KF-1 *Schüler haben unterschiedliche Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang*

KF-1.1 Welche Antworten werden zu Beginn angekreuzt?

KF-1.2 (Wie) Stützen Schüler ihre Standpunkte inhaltlich?

KF-1.3 Schüler, die am Anfang die fachlich anerkannte Antwort gewählt haben:
i) Stützen sie zu Beginn die Antwort fachlich anerkannt?
ii) Scheinen sie von ihrer Antwort überzeugt?

KF-1.4 Welche Antworten werden in Abhängigkeit von der Chemienote angekreuzt?

KF-2 *Durch Bewusstmachung sowie durch über Lernimpulse unterstützte Aushandlung können Schülervorstellungen verändert werden*

KF-2.1 Wie viele Schüler gelangen am Ende zur fachlich anerkannten/nicht anerkannten Antwort? Wie viele ändern ihren Standpunkt?
i) individuell
ii) gruppenspezifisch
iii) Gelangen die Gruppen zu einer einstimmigen Entscheidung?

KF-2.2 (Wie) Stützen Schüler während der Einigung ihre getroffene Wahl?

i) individuell
ii) gruppenspezifisch

KF-2.3 Schüler, die von einer nicht anerkannten zur anerkannten Antwort wechseln:
i) Stützen sie die Antwort A fachlich anerkannt?
ii) Scheinen sie am Ende von Antwort A überzeugt?

KF-2.4 Wie viele Schüler vertreten bei der zweiten Positionierung eine andere Position als die am Ende der Gruppenphase?

KF-2.5 i) Wie viele Gruppen gelangen bei jedem Lernimpuls zur intendierten Lösung?
ii) Wie häufig werden dabei erwartete Argumente genannt?
iii) Welche (alternativen) Lernwege gehen die Schüler?
iv) An welchen Stellen werden Konzeptentwicklungen deutlich?
v) Worauf nehmen Schüler bei diesen Konzeptentwicklungen Bezug?

KF-2.6 i) Wie hilfreich empfinden Schüler die Lernimpulsen in Bezug auf die Bearbeitung der Aufgabe?
i) Wie hilfreich empfinden Schüler die Aussagen der Mitschüler in Bezug auf die Bearbeitung der Aufgabe?

KF-3 *Schülervorstellungen sind stabil und schwierig zu verändern. Anormale Daten werden nicht als solche erkannt*

KF-3.1 i) Wie häufig führt ein Schüler im Vergleich zu allen geäußerten Argumenten ein Argument an, das seiner ursprünglichen Antwort widerspricht?
ii) Welche Stützen, die laut Schülern einer Antwort widersprechen, werden angeführt?
iii) Sind die erkannten Widersprüche fachlich anerkannt?

KF-3.2 i) Erkennen die Schüler anormale Daten in Bezug auf ihre Vorstellungen eigenständig?
ii) Wie gehen Schüler mit anormalen Daten in Bezug auf ihre Vorstellungen um?

Konzeptentwicklung_Fachwissen_Follow-up-Test

KFF-1 *Durch aktive Auseinandersetzung mit der eigenen Vorstellung kann eine langfristige Konzeptentwicklung initiiert werden*

KFF-1.1 Wie viele Schüler
i) haben nach einigen Wochen die fachlich anerkannte Vorstellung?
ii) verändern ihre Vorstellung hin zu einer neuen?
iii) fallen zurück in ihre ursprüngliche Vorstellung?
iv) Wie begründen sie ihre Vorstellung?

KFF-1.2 i) Wie viele Schüler beziehen sich bei der Begründung auf die während der Doppelstunde angebotenen Lernimpulse?
ii) Welcher Art sind diese Bezüge?

KFF-1.3 i) Gelingt es den Schülern, das in der Aufgabe konkret gelernte Beispiel zu verallgemeinern?
ii) Wie begründen sie ihre Antwort?

Schülervorstellungen_NOS

SVN-1 *Schüler haben unterschiedliche Schülervorstellungen zu NOS*

SVN-1-1 i) Werden unabhängig von Lernimpuls 8 Äußerungen zu NOS getätigt?
ii) Welcher Art sind diese?

SVN-1-2 Welche Vorstellungen über NOS werden im 8. Lernimpuls geäußert
i) zum Beweis der am Ende gewählten Antwort?
ii) zum Vorgehen in der Konzeption und den Naturwissenschaften?

Gesprächsprozesse

G-1 *Die Gesprächsanteile innerhalb einer Gruppe und gruppenübergreifend variieren*

G-1.1 Wie hoch sind die inhaltlichen und aufgabenspezifischen Redeanteile?

G-1.2 Wie viel Zeit nehmen die inhaltlichen Aussagen der Schüler ein?

G-1.3 Wie hoch sind die Redeanteile der Schüler innerhalb einer Gruppe?

G-1.4 Lässt sich von geringer sprachlicher Beteiligung auf geringe Aufmerksamkeit schließend?

G-1.5 Wie viel Zeit nimmt jeder Lernimpuls ein?

G-2 *Die Schüler nutzen typische Muster einer kollaborativen Argumentation*

G-2.1 i) Wie häufig stützen Schüler ihre Behauptungen?
ii) Welcher Art sind diese Stützen?

G-2.2 i) Beziehen sich die Schüler aufeinander?
ii) Welcher Art sind diese Bezüge?
iii) Verlaufen die Bezüge stringent oder wird auf vorangegangene Abschnitte Bezug genommen?
iv) Können Gesprächssequenzen erkannt werden?

G-2.3 i) Gibt es erkennbare Gesprächsmuster?
ii) Treten diese Gesprächsmuster in allen Gruppen auf?
iii) Treten die Gesprächsmuster bei unterschiedlichen Lernimpulsen in unterschiedlicher Häufigkeit auf?

G-2.4 Führen Schüler interpretative Gespräche?

G-2.5 Welche Ziele der Diskussion werden während des Gesprächs deutlich?

Zusammenhang_Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse

ZKG-1 *Gruppen, die mit anormalen Daten konfrontiert werden, gelingt es eher, tief gehende Diskussionen zu führen*

ZKG-1.1 Führen Schülergruppen, die mit anormalen Daten konfrontiert werden, tiefer gehende Diskussionen, als Schüler, die nicht mit anormalen Daten konfrontiert werden?

ZKG-1.2 Resultieren die tief gehenden Diskussionen in einer erfolgreichen Konzeptentwicklung?

ZKG-2 Gruppen, in denen Schüler ihre Vorstellungen erfolgreich verändern, betätigen sich in interpretativen Gesprächen und ko-konstruieren Erklärungen

ZKG-3 Gruppen, in denen problemzentrierte Gespräche stattfinden, verändern ihre Vorstellungen erfolgreicher als Gruppen, in denen assimilative Gespräche stattfinden

Zusammenhang_Konzeptentwicklung und Kollaboration

ZKK-4 Gruppen, in denen kollaborativ gearbeitet wird, verändern ihre Vorstellungen erfolgreicher als wenig kollaborativ arbeitende Gruppen

Zusammenhang_Konzeptentwicklung und Gruppenzusammensetzung

ZKGr-1 *Schülern in konfligierenden Gruppen gelingt es eher, ihre Konzepte zu verändern, als Schülern in nicht konfligierenden Gruppen*

i) Zu welcher Antwort gelangen die Gruppen in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung?

ii) Gelangen konfligierende Gruppen eher zur fachlich anerkannten Antwort?

Zusammenhang_Konzeptentwicklung und Motivation

ZKM-1 Der Erfolg der Konzeptentwicklung ist abhängig von der Motivation. Eine hohe Motivation ist eine Bedingung für eine starke Konzeptentwicklung

ZKM-1.1 Verzeichnen Schüler in motivierten Gruppen eher eine Konzeptentwicklung als Schüler unmotivierter bzw. durchschnittlich motivierter Gruppen?

ZKM-1.2 Verzeichnen Schüler in interessierten Gruppen eher eine Konzeptentwicklung als Schüler nicht bzw. durchschnittlich interessierter Gruppen?

ZKM-1.3 Verzeichnen Schüler, die die Aufgabe als Herausforderung auf mittlerem Niveau einschätzen, eher eine Konzeptentwicklung als Schüler, die sie als hohe oder geringe Herausforderung einschätzen?

Zusammenhang_Konzeptentwicklung und Schulnoten

ZKS-1 Schülern mit adäquatem Vorwissen gelingt es eher, ihre Konzepte zu überprüfen und zu verändern, als Schülern mit weniger adäquatem Vorwissen

ZKS-1.1 i) Ist ein Zusammenhang von Chemienote und Konzeptentwicklung zu erkennen?

ii) Ist ein Zusammenhang von Deutschnote und Konzeptentwicklung zu erkennen?

Zusammenhang_Konzeptentwicklung und kognitive Fähigkeiten

ZKkFS-1 *Kognitiv leistungsfähige Schüler verändern ihre Konzepte stärker als kognitiv weniger leistungsfähige Schüler*

ZKkF-1.1 i) Ist ein Zusammenhang von non-verbaler Fähigkeit und Konzeptentwicklung zu erkennen?

ii) Ist ein Zusammenhang von verbaler Fähigkeit und Konzeptentwicklung zu erkennen?

5.2.3 Zeitlicher Ablauf einer Datenerhebung

Ein wichtiges Kriterium für die Veränderung von Schülervorstellungen sowie auch für die Arbeit mit Schülern im Sinne einer wissenschaftlichen Studie ist eine vertrauensvolle Atmosphäre, in der sich die Schüler trauen, ihre Vorstellungen zu äußern. Dieses Kriterium wurde sehr ernst genommen, um den Schülern Sicherheit zu geben und sich als ernst genommene Teilnehmer einer Studie zu fühlen. Um den Schülern Anonymität zu gewähren, dabei aber die Schüler über alle Instrumente hinweg zuordnen zu können, wurden sie über ein Kürzel gekennzeichnet. Gruppen der Klasse Schl wurden von der Autorin Kürzel zugewiesen; sie umfassen die Schüler C101-C132.[33] In den Kursen KLS und LFS wurden die Schüler gebeten, ein Kürzel über vorgegebene Bestandteile aus Namen und Geburtsdatum zu generieren. Auf diese Weise erhielt jeder Schüler ein vierstelliges Kürzel aus zwei Buchstaben und zwei Ziffern.

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über einen Ablauf, den die Schülergruppen durchlaufen haben, gegeben werden (vgl. Abb. 53).

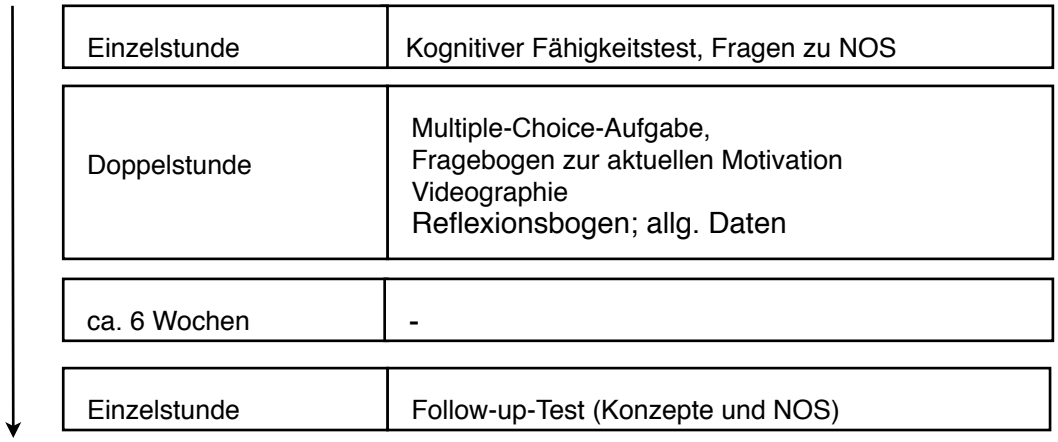


Abb. 53: Turnus einer Schülergruppe

33 Da nicht alle Schülergruppen videographiert wurden, treten in den folgenden Analysen nicht alle 32 Schüler auf.

1. Einzelstunde

Die Einzelstunde wurde unter anderem als Kennenlernphase genutzt. Ziel war es hier, eine Atmosphäre zu schaffen, in der die Schüler sich trauen, ihre Vorstellungen zu äußern und miteinander vor der Kamera zu sprechen. In ihr erfuhren die Schüler auch, worum es in dem Projekt geht und wie die Doppelstunde ablaufen wird. Nach Klärung möglicher Fragen begann der zweite Teil der Stunde, in dem zwei Subskalen des kognitiven Fähigkeitstests (KFT) bearbeitet wurden.

Am Ende der Einzelstunde wurden die Schüler darauf hingewiesen, dass in der kommenden Stunde drei studentische Hilfskräfte dabei sein sowie dass bereits zu Beginn der Stunde Kameras und Mikrophone aufgebaut sein werden. Die Absicht war hier, die Schüler auf die viele sichtbare Technik der nächsten Stunde vorzubereiten.

Doppelstunde

Die Doppelstunde begann mit der genauen Beschreibung des Ablaufs der Stunde sowie der Unterrichtskonzeption. Dieses erfolgte zum einen, damit die Schüler über den Ablauf der Doppelstunde informiert sind. Zum anderen wurde die Beschreibung ausführlicher als sonst nötig realisiert, da vor Beginn der Unterrichtskonzeption die aktuelle Motivation der Schüler über den *Fragebogen zur aktuellen Motivation* (FAM) von Rheinberg, Vollmeyer & Burns (2001) erhoben werden sollte: Wichtig für die Messung der Motivation als Vorhersageinstrument ist die aktuelle Motivation. Diese ergibt sich aus der Situation und den aktuellen Motiven; für eine Messung der Motivation muss daher die bevorstehende Situation bekannt sein. Im vorliegenden Fall konnte die Situation vorher nicht erlebt, sondern nur beschrieben werden. Daher wurde das Vorgehen der Konzeption noch einmal kleinschrittig erklärt sowie anhand eines Beispiels erläutert, indem Kontext, Aufgabe und ein möglicher Lernimpuls zu einer anderen Thematik vorgestellt wurden. Im Folgenden erhielten die Schüler in Einzelarbeit den Aufgabenzettel mit Kontext und Aufgabe mit der Aufforderung, sich für eine Auswahlantwort zu entscheiden. Erst nach der Bearbeitung der Multiple-Choice-Aufgabe erhielten sie den FAM. Somit waren ihnen zu dem Zeitpunkt sowohl Vorgehen als auch Thema der Doppelstunde bekannt.

In der Zeit, in der die Schüler den FAM ausfüllten, wurden die Aufgabenzettel sortiert und anhand ihrer Kleingruppen eingeteilt, sodass sich möglichst Schüler mit unterschiedlichen Antworten in einer Gruppen treffen. Wenn alle Schüler den FAM ausgefüllt hatten, wurde die Einteilung vorgelesen und die Schüler setzten sich in den Gruppen zusammen.

An dieser Stelle begannen Phase 2 und 3 der Unterrichtskonzeption, die beide in den jeweiligen Kleingruppen abliefen. Diese Phasen wurden mittels Kamera- und Mikrophonsettings aufgenommen.

Im Anschluss an die Unterrichtskonzeption wurden allgemeine Daten von den Schülern erhoben, die neben klassenspezifischen auch individuelle Daten in Form von Geschlecht

sowie der letzten Chemie- und Deutschnote umfassen. Gleichzeitig beinhaltet dieser Bogen einen reflexiven Anteil, in dem Fragen zur Einstellung bzw. Selbsteinschätzung

- gegenüber der Unterrichtskonzeption und dem eigenen Lernverlauf,
- gegenüber Chemie als Unterrichtsfach und im Alltag sowie
- zu argumentativen Fähigkeiten

gestellt wurden.

Innerhalb einer Klasse bzw. eines Kurses wurde aufgrund begrenzter Technik nur eine bestimmte Anzahl von Kleingruppen videographiert. Die Zuordnung zu gefilmten oder nicht gefilmten Gruppen erfolgte zufällig. Die Auswertung der Daten erfolgt primär auf Basis der videographierten Gruppen. Lediglich für die quantitative Auswertung der Veränderung von Vorstellungen wurden alle Schüler einbezogen. Somit ergibt sich für die Auswertung der Videos eine Probandenzahl von n=40, für die Auswertung der Veränderung im Sinne eines Vorher-Nachher-Vergleichs eine Probandenzahl von n=61.

2. Einzelstunde

Die zweite Einzelstunde fand etwa sechs bis acht Wochen nach der Doppelstunde statt. Der Lehrer wurde gebeten, während dieser Zeit die Thematik der Doppelstunde nicht noch einmal aufzugreifen. In dieser Stunde wurde ein Follow-up-Test geschrieben.[34]

Der zweite Teil der Einzelstunde wurde genutzt, um den Wünschen der Schüler als ernstgenommene Studienteilnehmer nachzukommen: Die Schüler waren besonders an den Ergebnissen des KFT sowie an möglichen Videoausschnitten der Doppelstunde interessiert. Nach vorherigem Einverständnis wurden sowohl die Ergebnisse des KFT gegeben als auch jeweils ein Videoausschnitt jeder Kleingruppenarbeit gezeigt.[35]

5.2.4 Eingesetzte Instrumente

Die eingesetzten Instrumente werden in chronologischer Reihenfolge wie oben genannt vorgestellt. Dabei ist zu beachten, dass der Datenschwerpunkt klar auf den Videos liegt.

5.2.4.1 Kognitiver Fähigkeitstest

Aus dem KFT wurden die Subskalen N2 und V2 (vgl. Heller & Perleth 2000) eingesetzt. Statt, wie eigentlich vorgesehen, über extra Antwortbögen zu arbeiten, konnten die Schüler ihre Antworten direkt auf den Aufgabenzetteln ankreuzen. Die möglicherweise dahingehend gewonnene Zeit für die Schüler ist in diesem Fall nicht von Belang, da das Ziel hier war, sie intern im Sinne einer Charakterisierung zu Gruppen zu kategorisieren. Ihnen

34 Der Begriff des Follow-up-Tests unterscheidet sich hier von dem eines Prä-Post-Designs; er ist als Test gemeint, der nach einigen Wochen den Wissensstand überprüft, wird aber auch hier nicht als statistisch auszuwertender Test angesehen.

35 Diese Einzelstunde fand lediglich bei den Gruppen KLS3 und KLS5 statt.

wurde deutlich gemacht, dass es sich bei dem KFT nicht um einen Intelligenztest handelt, sodass sie sich nicht unter Druck gesetzt fühlten.

5.2.4.2 Fragebogen zur aktuellen Motivation

Der Fragebogen zur aktuellen Motivation von Rheinberg, Vollmeyer & Burns (2001) wurde in adaptierter Form eingesetzt (Abb. 55, S. 109).

Die 18 Items können über eine 7-stufige Likert-Skala von 1 = trifft gar nicht zu bis 7 = trifft voll zu bewertet werden. Der mittlere Skalenabschnitt 2-6 ist nicht verbalisiert. Die Items 1 und 4 wurden aufgrund starken inhaltlichen Bezugs entsprechend der Lernumgebung angepasst. Ursprünglich lauteten sie:

1) Ich mag solche Rätsel und Knobeleien

4) Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.

Zudem wurde in einer kurzen Einführung festgehalten, was in den Items mit dem Wort *Aufgabe* gemeint ist: Gemeint ist hier *nicht* die Multiple-Choice-Aufgabe, sondern die umfassende Aufgabe der Stunde, die jeweils angekreuzten Antworten in Kleingruppen zu überprüfen.

5.2.4.3 Videographie

Die Kleingruppenarbeiten wurden mittels Kameras und externen Richtmikrophonen videographiert.[36] Die Videographie fand dabei bewusst mit allen Schülern der Klasse innerhalb eines Raumes statt. Bei mobilen Tischen wurden diese vor Beginn des Unterrichts so platziert, dass jeweils ein Tisch einzeln steht. Ziel war es, dass jeweils vier Schüler am Ende eines Tisches sitzen, sodass sie als Gruppe im Sichtfeld der Kamera saßen (Abb. 54).

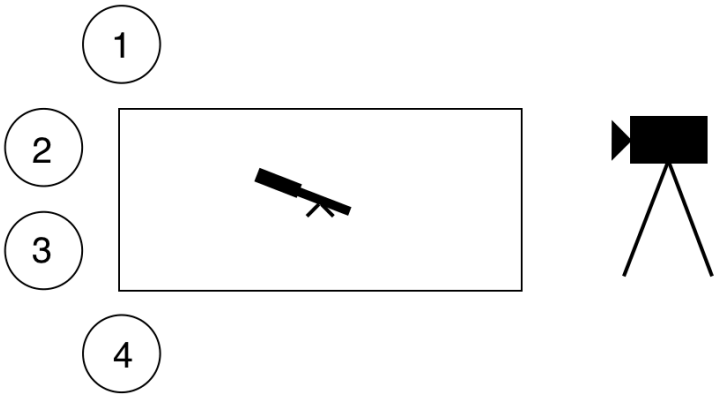


Abb. 54: Schematische Darstellung eines Arbeitsplatzes

36 Verwendete Technik: Kameras: Canon Legria HF S200; Richtmikrophon: the t.bone EM 9600.

Wir wollen gerne wissen, wie deine **momentane Einstellung** zu der Aufgabe ist. Mit „**Aufgabe**“ ist hier das **kommende Überprüfen deiner Antwort in Kleingruppen** gemeint. Kreuze bitte jene Zahl an, die auf dich am besten passt.

		trifft gar nicht zu						trifft voll zu
1.	Ich mag es, über mein Wissen nachzudenken.	1	2	3	4	5	6	7
2.	Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgabe gewachsen zu sein.	1	2	3	4	5	6	7
3.	Wahrscheinlich werde ich die Aufgabe nicht schaffen.	1	2	3	4	5	6	7
4.	Ich mag es, mit kleinen Hilfen strukturiert meine Vorstellungen zu überprüfen.	1	2	3	4	5	6	7
5.	Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.	1	2	3	4	5	6	7
6.	Die Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.	1	2	3	4	5	6	7
7.	Nach dem Erklären der Instruktion erscheint mir die Aufgabe sehr interessant.	1	2	3	4	5	6	7
8.	Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier mitarbeiten kann.	1	2	3	4	5	6	7
9.	Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich hier blamieren könnte.	1	2	3	4	5	6	7
10.	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen.	1	2	3	4	5	6	7
11.	Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	1	2	3	4	5	6	7
12.	Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	1	2	3	4	5	6	7
13.	Ich glaube, diese Aufgabe kann jeder schaffen.	1	2	3	4	5	6	7
14.	Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.	1	2	3	4	5	6	7
15.	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	1	2	3	4	5	6	7
16.	Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	1	2	3	4	5	6	7
17.	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	1	2	3	4	5	6	7
18.	Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich.	1	2	3	4	5	6	7

Abb. 55: Adaption des FAM (nach Rheinberg et al. 2001)

Die Kameras wurden jeweils auf Stativen befestigt und diese auf dem Boden platziert. Die Richtmikrophone standen je nach Stativmodell auf dem Tisch bzw. dem Boden. Die Kameras und Mikrophone wurden während der Kleingruppenphase möglichst nicht verstellt, um die Schüler nicht abzulenken; lediglich nach Umstellen der Mikrophone durch die Schüler wurde dieses korrigiert. Die Kameras standen leicht erhöht und filmten, soweit möglich, nach schräg unten, um später die auf dem Tisch ablaufenden Handlungen (bspw. das Zeigen auf etwas) auf dem Video erkennen zu können. Die Aufnahme beginnt mit Beginn der Kleingruppenarbeit. Nach Beendigung der Kleingruppenarbeit wurde die Kamera ausgeschaltet. Die Schüler waren dabei stets darüber informiert, zu welchem Zeitpunkt Aufnahmen stattfanden. Zu Beginn der Kleingruppenphase waren sie aufgefordert, ihre Kürzel in die Kamera zu sprechen, um eine spätere Zuordnung zu ermöglichen. Zu diesem Zeitpunkt waren ihnen die Kameras bewusst, da sie aktiv mit ihnen interagierten. Im Laufe der Videographie machte es nicht den Eindruck, als seien sich die Schüler der Kameras bewusst bzw. als verhielten sie sich anders als sonst. Dieser Eindruck wird durch bestehende Literatur bestätigt (z. B. Clausen 2002; Seidel 2003).

5.2.4.4. Artefakte

Kein Instrument im eigentlichen Sinne, aber auch Datengrundlage sind die vor und während der Kleingruppenarbeiten erstellten Artefakte. Zu diesen gehören die in Einzelarbeit angekreuzten Zettel mit der Multiple-Choice-Aufgabe sowie die während der Kleingruppenarbeiten ausgefüllten Lernimpulse bzw. eventuell getätigte Notizen und ausgefüllten Argumentationsbögen. Diese Artefakte dienen besonders der Klärung von Konzepten, die während des Gesprächs nicht thematisiert oder nicht eindeutig klar geworden sind.

5.2.4.5 Allgemeine Daten und Reflexion

Nach Abschluss der Gruppenarbeiten wird ein Reflexionsbogen eingesetzt (Abb. 56); dieser umfasst neben reflexiven Anteilen auch allgemeine Daten wie Geschlecht und Alter.
Die Antwortmöglichkeiten des reflexiven Teils werden über eine 4-stufige Likert-Skala realisiert. Die Items wurden nicht konzipiert, um statistisch ausgewertet zu werden, sondern sollen im Sinne einer Charakterisierung der Schüler auf Extrema hinweisen. Sie haben nicht den Anspruch, komplexe Konstrukte wie das Interesse und Argumentationskompetenzen im Ganzen zu erfassen und darzustellen.
Eine folgende Aufgabe innerhalb des Reflexionsbogens ist es, sich noch einmal für eine Auswahlantwort auf die Multiple-Choice-Frage, was passiert, wenn Eugenol verdampft, zu entscheiden. Sie wurde hier noch einmal eingefügt, um den Schülern eine anonyme Repositionierung unabhängig von der Kleingruppe zu ermöglichen.
Es folgen zwei offene Felder, in denen die Schüler reflektieren konnten, was ihnen gut bzw. weniger gut gefallen hat sowie ein Feld für sonstige Anmerkungen.

Jahrgang:	❑ 10	❑ 11	❑ 12	❑ 13
Klasse/Kurs:	❑ Klassenverband	❑ Grundkurs	❑ Leistungskurs	
Geschlecht:	❑ weiblich	❑ männlich		
	❑ G8	❑ G9		

Seit wie vielen Jahren hast du Chemieunterricht?_____

Welche Note hattest du in **Chemie** auf deinem letzten Zeugnis?_____

Welche Note hattest du in **Deutsch** auf deinem letzten Zeugnis?_____

	Trifft zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Mir ist die Aufgabe leicht gefallen	❑	❑	❑	❑
Durch die Aufgabe hat sich meine Vorstellung zum Verdampfen verändert	❑	❑	❑	❑
Besonders hilfreich für das Lösen der Aufgabe waren die Lernimpulse	❑	❑	❑	❑
Besonders hilfreich für das Lösen der Aufgabe waren die Aussagen der anderen Schüler	❑	❑	❑	❑
Ich fand das Thema der Aufgabe interessant	❑	❑	❑	❑
Ich nehme gerne am Chemieunterricht teil	❑	❑	❑	❑
Ich habe Interesse an Chemie (im Alltag)	❑	❑	❑	❑
Ich fand die Arbeitsform (Gruppenarbeit + Diskussion) gut	❑	❑	❑	❑
Ich habe den Diskussionsverlauf als angenehm empfunden	❑	❑	❑	❑
Ich nehme gerne an Diskussionen teil	❑	❑	❑	❑
Ich kann meine Meinung vor Anderen gut vertreten	❑	❑	❑	❑
Ich kann Dinge gut erklären	❑	❑	❑	❑

Müsste ich mich noch mal entscheiden, würde ich jetzt Auswahlantwort _____ ankreuzen

Das hat mir gefallen:_____

_____

_____

Das hat mir weniger gefallen:_____

_____

_____

Sonstiges:_____

_____

Abb. 56: Bogen zur Erfassung allgemeiner Daten, zur Selbsteinschätzung sowie zur Reflexion

5.2.4.6 Follow-up-Test

In dem Follow-up-Test, der nach sechs bis acht Woche eingesetzt wurde, beantworteten die Schüler erneut die Multiple-Choice-Aufgabe, deren Antwortmöglichkeiten in veränderter Reihenfolge vorgegeben waren und wurden aufgefordert, die Auswahlantwort möglichst ausführlich zu begründen. Eine weitere Aufgabe war es, die gewonnen Erkenntnisse zu abstrahieren und sich begründet zu entscheiden, ob die Vorgänge, die beim Verdampfen von Eugenol ablaufen, auch auf andere Stoffe übertragbar sind. Ein zweiter Test ist jener bezüglich NOS, in der die Schüler die Aufgaben des Vortests erneut beantworten.

5.2.5 Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung erfolgt für das Thema *Verdampfen von Eugenol* für zehn Kleingruppen aus drei verschiedenen Schulen. Die entsprechenden Datenaufbereitungen werden in Tabelle 11 zusammengefasst und im Folgenden näher erläutert. Bei FAM, KFT und Chemienote werden bereits alle Daten tabellarisch dargestellt; aufgrund der Komplexität werden bei anderen Themen beispielhaft Kodierleitfaden und Kategoriesysteme dargestellt und des Weiteren auf Ergebnisteil und Anhang verwiesen. Die ausführliche Darstellung der Ergebnisse zu Videos sowie entsprechende Datenaufbereitungen erfolgt im Ergebnisteil (Kap. 6).

Tab. 11: Zusammenfassung der Datenaufbereitung und -auswertung

Daten	Art der Aufbereitung
Videos	Transkription der Videos Entwicklung und Anwendung diverser Kodierleitfäden Entwicklung und Anwendung eines Kodiersystems Bzgl. Lernimpuls 8 (KLS und LFS): Anwendung der Kodierleitfäden zu NOS aus der Ergänzungsstudie
Artefakte	Übertragung in das Kodiersystem
FAM	Verbalisierung der Daten zur Charakterisierung (wenig motiviert/motiviert/hoch motiviert)
KFT	Verbalisierung der Daten zur Charakterisierung (unterdurchschnittlich/durchschnittlich/überdurchschnittlich)
Reflexionsbogen	Chemie- und Deutschnote Erneute Positionierung Einschätzung der Hilfe von Lernimpulsen und Aussagen der Mitschüler Feedback
Follow-up-Test (nur KLS)	Deduktiv-induktive Analyse

In einer späteren Analyse sollen im Sinne der Fallkontrastierung Extremgruppen gegenübergestellt werden. Auf diese Art werden Extremgruppen beschreibend gegenübergestellt sowie mögliche Erklärungen über hohen bzw. geringeren Lernerfolg angestrebt. Extremgruppen werden auf Basis folgender Daten gebildet:

- Zusammensetzung (Auswahlantworten)
- Motivation
- Reflexion
- kognitive Fähigkeiten
- Chemienote und
- Bearbeitungsdauer

Die Aufbereitung dieser Daten werden nach einer ausführlichen Darstellung der Aufbereitung der Videos beschrieben.

5.2.5.1 Videos

5.2.5.1.1 Zur Analyse der Konzeptentwicklungsprozesse

Das Ziel für die Datenaufbereitung der Videos war eine Verschriftlichung sowie Datenreduktion, damit die Gespräche für eine Analyse handhabbar sind sowie eine erste Analyse im Sinne einer Kategorisierung bestimmter Aussagen erfolgen kann. Das Vorgehen orientiert sich an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2012) und adaptiert dieses in Teilen.[37] Dieses Vorgehen lässt sich innerhalb der case study nach Yin (2009) realisieren; es bietet in seiner hier adaptierten Form eine geleitete Form der Datenaufbereitung, die bei Yin wenig konkretisiert ist. Dabei geht auch Mayring von zu untersuchenden (Einzel-) Fällen aus, aus denen generalisierbare Schlussfolgerungen hervorgehen können. Der Begriff des Falls nach Mayring ist jedoch nicht synonym zu dem komplexer zu verstehenden Fall nach Yin zu setzen. Die nach Mayring benannten Fälle werden im Folgenden im Sinne von Analyseeinheiten nach Yin gesehen, die analysiert und im weiteren Verlauf im Beziehung zu weiteren Ergebnissen anderer Analyseeinheiten gesetzt werden. Die bei Mayring als Analyseeinheiten bezeichneten Konstrukte wiederum werden bei Yin nicht weiter definiert. Der Begriff der Analyseeinheiten wird - wenn nicht explizit anders angegeben - im Sinne Yins verstanden.

Das Ziel einer qualitativen Inhaltsanalyse ist eine systematische und kategoriengeleitete Textanalyse. Der Arbeitsgegenstand der Analyse ist fixierte Kommunikation im Sinne von Texten, Video- und Audioaufnahmen, Bildern oder Musik. Dabei werden nicht nur diese Kommunikationen an sich, sondern unter Einbezug ihrer jeweiligen Kontexte und formalen Aspekte untersucht.

Kennzeichen der Inhaltsanalyse ist ein methodisch kontrolliertes und damit systematisiertes Vorgehen anhand eines Ablaufmodells, das die Nachvollziehbarkeit und Überprüf-

37 Im Folgenden werden nur die hier wesentlichen Schritte dargelegt. Für eine ausführliche Darstellung der qualitativen Inhaltsanalyse sei auf Mayring (2012) verwiesen.

barkeit der Analyse sicherstellt. Steht die Fragestellung fest, so wird das Material zunächst in Analyseeinheiten (im Sinne Mayrings) unterteilt. Der Ablauf jeder qualitativen Inhaltsanalyse muss an das Material, die verwendeten Analysetechniken sowie die Ziele der Studie angepasst werden. Einen allgemeinen Ablauf verdeutlicht Abbildung 57.

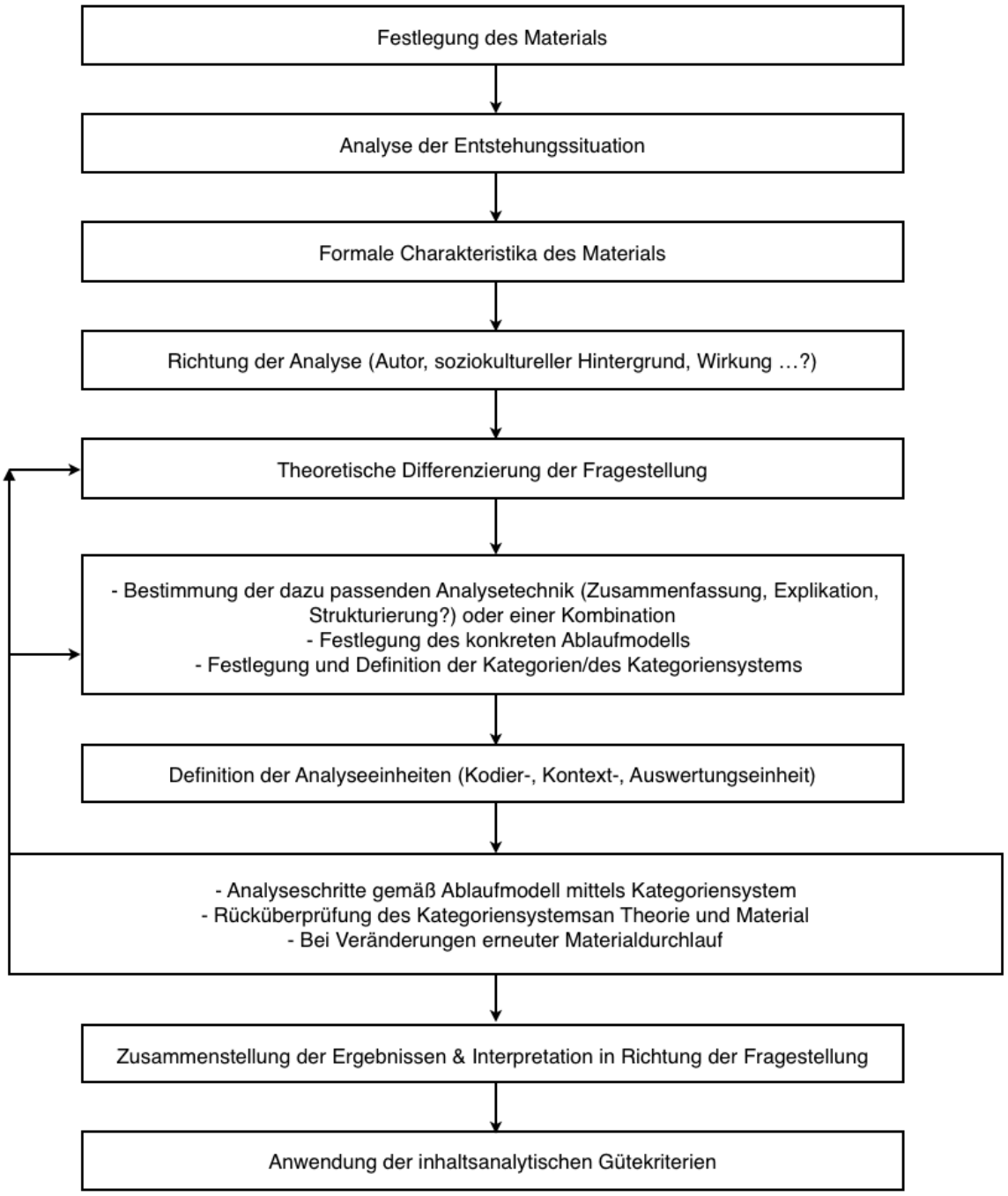


Abb. 57: Allgemeines inhaltsanalytisches Ablaufmodell nach Mayring (2012, S. 60)

Da die qualitative Inhaltsanalyse in ihrer hier angewendeten Adaption primär das Ziel der Datenaufbereitung hat und in den größeren Rahmen der case study eingebettet ist, entfallen die Schritte der Interpretation sowie der Anwendung der Gütekriterien. (Sie werden in entsprechender Form im Rahmen der Fallstudie nach Yin (2009) durchgeführt.)

Als erster Schritt der Inhaltsanalyse nach Mayring (2012) wird das zu analysierende Material festgelegt, die Entstehungssituation analysiert und das Material formal charakterisiert. In diesem Fall bilden die Videographien der Kleingruppengespräche, die während der Unterrichtskonzeption choice²learn stattfanden, die Basis. Es werden zehn Kleingruppen mit insgesamt 40 Teilnehmern aus drei verschiedenen Klassen/Kursen untersucht. Da es keine pragmatische Technik gibt, Videos angemessen zu analysieren, wurden die Gespräche sowie z. T. non-verbale Handlungen mithilfe des Programms *Transana* (Abb. 58) verschriftlicht.

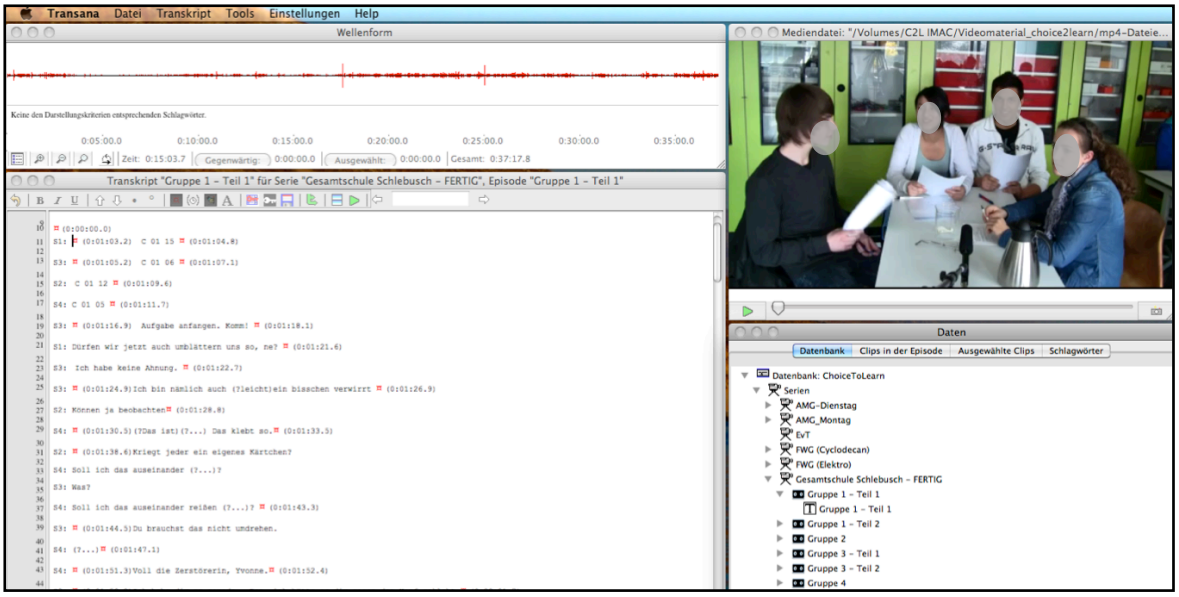


Abb. 58: Transana

Das Programm ist in seinem Ursprung als reines Transkriptionsprogramm gedacht. Eine Analyse ist theoretisch in Ansätzen ebenfalls möglich, da Videoausschnitte kategorisiert werden können.

Die Transkription wurde von drei studentischen Hilfskräften durchgeführt, die vorher in dem Programm geschult wurden. Da die Verschriftlichung von Gesprächen bereits zu einem gewissen Grad interpretativ ist, wurde anhand vorher definierter Transkriptionsregeln gearbeitet (Tab. 12). Auf diese Art sollen Nachvollziehbarkeit, Überprüfbarkeit und Reliabilität der Transkription gewährleistet werden.

Tab. 12: Transkriptionsregeln

Allgemeine Hinweise
Transkribiert werden inhaltliche und aufgabenspezifische Aspekte; nicht transkribiert werden organisatorische und private Aspekte, sondern lediglich als Off-Topic gekennzeichnet. Da die Unterscheidung zwischen aufgabenspezifischen und organisatorischen Aspekte fließend ist, wird im Grenzfall die Passage transkribiert. Das Ziel der Transkription ist das Schaffen einer Basis für die semantische Analyse der Gespräche. Eine Feintranskription (bspw. unter Beachtung prosodischer Aspekte) ist nicht erforderlich. Die Aussagen der Schüler werden wörtlich übernommen; dabei erfolgt keine Korrektur von grammatikalischen Fehlern. Transkribiert wird nah am Text, sodass grammatikalisch umgangssprachliche Formulierungen beibehalten werden können („hab“ statt „habe“ etc.); aus Gründen der Lesbarkeit werden Artikel und Pronomen geglättet („eine“ statt „´ne“ etc.). Namen werden durch die verwendete Bezeichnung der Schüler ersetzt (S1 bis S4). Spricht ein Schüler einen anderen gezielt an, wird dieses über „Sx zu Sy“ kenntlich gemacht. Vor und hinter jedem Redebeitrag werden Zeitmarken gesetzt. Interpretierende Kommentare werden nur bei eindeutigen Aussagen gesetzt (z. B. „Faszinierend. (ironisch) Das Volumen nimmt zu.“ (IM59, 18:10)

Zeichen	Bedeutung
S1, S2, S3, S4	Bezeichnung der Schüler
P	Bezeichnung des Projektleiters (bei organisatorischen Dingen auch studentische Hilfskraft)
(Verb)	Kommentare zu nichtsprachlichen Vorgängen
Mh	Eingipfliges Rezeptionssignal; neutral bis zustimmend
Mhm	Zweigipfliges Rezessionssignal; zustimmend
Hm	Interjektion, die ein Nachdenken andeutet
Ne	nachgestellte, bestärkende Interjektion; Aufforderung des Gesprächspartners zur Zustimmung oder Ablehnung des Gesagten
Nee	Verneinung (ugs. von „nein“)
-	Pause; jeder Strich entspricht ca. einer Sekunde
.,?	Satzzeichen zur Verbesserung der Lesbarkeit
[bzw.]	Einsetzen bzw. Ende des gleichzeitigen Sprechens
Doppelpunkt (Bspw. „Ja:::“)	Langgezogenes Phonem; jeder Doppelpunkt entspricht einer Verlängerung von ca. einer Sekunde
Wort in Großbuchstaben	Besondere Betonung des Wortes
(?Wort)	Nicht eindeutig zu verstehendes Wort
(?…)	Nicht zu verstehende Passage

Der zweite Schritt der Inhaltsanalyse ist der Fragestellung gewidmet. Da diese bereits feststeht, entfällt der Schritt an dieser Stelle. Im dritten Schritt wird die anzuwendende

Analysetechnik[38] gewählt. Hier werden drei Grundformen des Interpretierens unterschieden: Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung. In Bezug auf die vorliegende Arbeit gilt für die Analyse der Konzeptentwicklungsprozesse vor allem, den Inhalt der Transkripte auf inhaltliche Aspekte zu reduzieren und zu strukturieren. Das Ziel ist, eine Darstellungsweise zu entwickeln, in der Konzeptentwicklungen leicht zu überblicken sind. Aus diesem Grund wurde eine Form der Zusammenfassung und Strukturierung als Analysetechnik gewählt.

Die *Strukturierung* beinhaltet das Herausfiltern, Ordnen und Einschätzen bestimmter Aspekte aus dem Material anhand von festgelegten Ordnungskriterien. Die Hauptkategorien werden zuvor deduktiv entwickelt bzw. aus vorhandener Theorie abgeleitet. Die Hauptkategorien werden im Laufe der Analyse ausdifferenziert, sodass ein Kategoriesystem entsteht. Anschließend erfolgt eine deduktive Anwendung auf das Datenmaterial. Im Zuge der Strukturierung erfolgte parallel eine *Zusammenfassung* der Inhalte, sodass nur bestimmte Aspekte des Datenmaterials weiterverwendet werden. Eine Möglichkeit ist dabei, anhand induktiv gebildeter Kategorien die Zusammenfassung zu leiten. Diese theoretische Darstellung wird im folgenden Abschnitt anhand des Materials konkretisiert. Ein weiterer Aspekt dieses dritten Schrittes ist die Festlegung eines konkreten Ablaufmodells, um die Reliabilität und Nachvollziehbarkeit des Vorgehens und damit der Daten zu gewährleisten. In diesem Fall wurde ein Ablaufmodell anhand der Analysetechnik der Strukturierung entwickelt (Abb. 59; entwickelt in einer von der Autorin betreuten Staatsexamensarbeit (Abschlag 2012)); die Zusammenfassungen liefen - wie im Folgenden konkretisiert - parallel.

Die konkrete Anwendung des Ablaufmodells wird im Folgenden erläutert sowie mit konkreten Beispielen verdeutlicht.

Der *Gegenstand* der Analyse sind die Konzeptentwicklungsprozesse der Schüler während der Unterrichtskonzeption choice^{2}learn. Die vier Auswahlantworten der Multiple-Choice-Aufgabe stellen die anhand des Materials von Marohn (vgl. Fußnote Kap. 2.2.1) empirisch am häufigsten gefundenen Schülervorstellungen dar. Entsprechend dienen sie als deduktiv entwickelte *Hauptkategorien* in der Beschreibung der Konzeptentwicklung. Diese Hauptkategorien werden dahingehend spezifiziert, dass Schüler sich für, gegen oder allgemein über die Auswahlantwort äußern können. Entsprechend gibt es für jede Auswahlantwort diese drei Möglichkeiten. Realisiert wurden die Differenzierungen über jeweils eine Kombination aus dem Buchstaben und einem + für stützende Aussagen, einem - für schwächende Aussagen sowie keinem weiteren Zusatz bei allgemeinen Aussagen über eine Auswahlantwort. Für diese Kategorien wurde ein *Kodierleitfaden* entwickelt, in dem Definitionen, Grenzen und Beispiele angegeben sind (Tab. 13).

38 Der Begriff der Analysetechnik ist hier im Sinne der Datenaufbereitung zu verstehen; die eigentliche Analyse beginnt erst nach vollständiger Aufbereitung (vgl. Kap. 6)

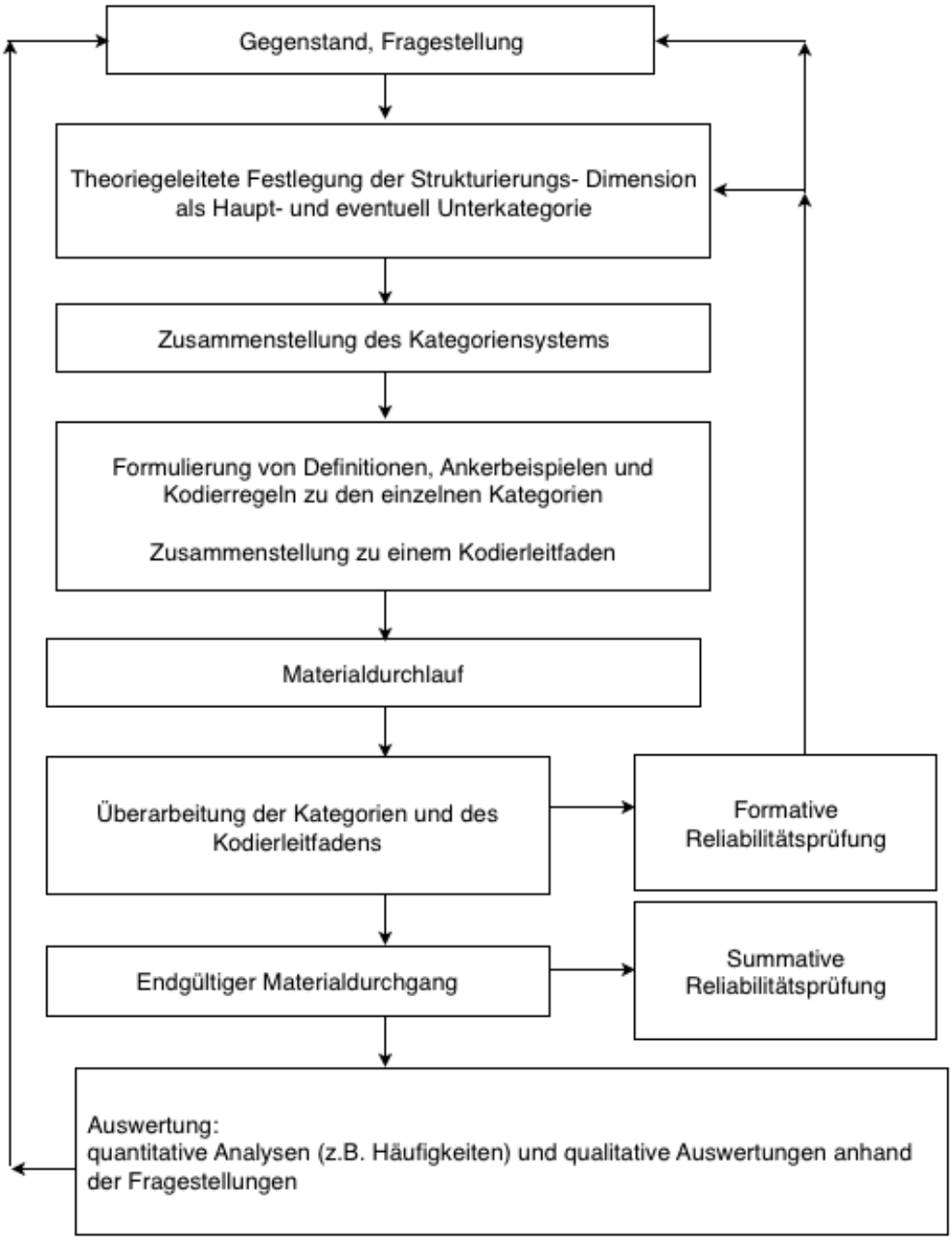


Abb. 59: Ablaufmodell der strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse (adaptiert nach Mayring 2012)

Tab. 13: Auszug aus Kodierleitfaden_Kodiersystem

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
+Y	Die Aussage stützt die betreffende Auswahlantwort explizit, die Aussage wird direkt auf die Auswahlantwort angewendet. Schüler müssen in ihrer Aussage die Auswahlantwort nicht direkt nennen, die gemeinte Auswahlantwort kann auch aus dem Gesprächsverlauf geschlossen werden.	+A: „Antwort A stimmt, dass wegen der Brownschen Molekularbewegung, die Atome sich gegenseitig abstoßen und so, ähm, der Duft in dem ganzen Raum verteilt wird." (C119, 9:38)
-Y	Die Aussage schwächt die betreffende Auswahlantwort explizit, die Aussage wird direkt auf die Auswahlantwort angewendet. Schüler müssen in ihrer Aussage die Auswahlantwort nicht direkt nennen, die gemeinte Auswahlantwort kann auch aus dem Gesprächsverlauf geschlossen werden.	„Wenn zum Beispiel jetzt C zutreffen würde, dass sich die Moleküle spalten würden, wäre jetzt kein Eugenol mehr, sondern einfach nur Sauerstoff, Kohlenstoff und so ein Mist." (C119, 28:09) „Fühle mich in eigener These [C] widerlegt. [..] Holt man Ballon raus, wird er wieder klein und nach meiner These haben die sich ja gespalten." (C121, 21:33) „Geht nicht, die können nicht wieder kleiner werden." (C123, 21:50)

Nach einem ersten *Materialdurchlauf* wurde aufgrund induktiv gewonnener Erkenntnisse das *Kategoriesystem* und der *Kodierleitfaden überarbeitet*: Es wurde eine Kategorie hinzugefügt, durch die Aussagen kategorisiert werden können, die Erkenntnisse enthalten, mit denen theoretisch eine Auswahlantwort gestärkt oder geschwächt werden kann. Zu dem Zeitpunkt der Äußerung fehlt jedoch die Transferleistung, diese Erkenntnisse auf die entsprechende Auswahlantwort zu übertragen und diese neu zu bewerten.

Ein Beispiel für eine solche Aussage für Lernimpuls 5, der das Spalten von Molekülen am Beispiel von Wasser thematisiert, lautet:

> *Ja, es würde eigentlich entstehen Wasserstoff und Sauerstoff, beides hochexplosiv, Knallgasreaktion und wir hätten ein riesen Feuerwerk. (HY42, 23:38)*

Die Aussage kann als Stütze gegen die Antwort C verwendet werden, jedoch ist diese Schlussfolgerung der Schwächung von Antwort C an dieser Stelle noch nicht gezogen worden. Diese Kategorie wird über in Klammern stehende Buchstaben kodiert, z. B. (-C). Tabelle 14 verdeutlicht für die Lernimpulse zwei bis fünf aus dem Thema *Verdampfen von Eugenol* mögliche inhaltliche Konkretisierungen der Kodierungen. In dieser wird jeweils der Dreischritt aus

- aus dem Lernimpuls Erkenntnisse gewinnen
- aus den Erkenntnissen Konsequenzen ableiten

- die Erkenntnisse und Konsequenzen auf die Auswahlantwort(en) anwenden und diese neu bewerten

deutlich.

Tab. 14: Beispielhafte Realisierung der Hauptkategorien des Kodiersystems

Lernimpuls	Kodierung	Beispielhafte Konkretisierung
2	D	These: Bei D bleibt Volumen gleich
(Aceton in Luftballon)	(-D)	These bestätigt. Grund: Im Ballon ist kein Sauerstoff
	-D	Auswahlantwort D wird geschwächt
3	B	Molekül müsste sich immens ausdehnen
(Weite Entfernung)	(-B)	Erscheint unwahrscheinlich (z. B.: Bindungsbruch)
	-B	Auswahlantwort B wird geschwächt
4	C	H_2 und O_2 entsteht
(Spalten von Wasser)	(-C)	Würde explodieren
	-C	Auswahlantwort C wird geschwächt
5	D	Wären nur noch Wasser und Kohlenstoffdioxid
(Reaktion mit Luftsauerstoff)	(-D)	Wasser und Kohlenstoffdioxid sind geruchlos
	-D	Auswahlantwort D wird geschwächt

Das Ziel der Entwicklung der Kategorien war es, das Datenmaterial der Transkripte zu reduzieren und zu strukturieren, um zum einen einen Überblick über Konzeptentwicklungsprozesse und zum anderen weitere Analyseschritte zu ermöglichen. Aus diesem Grund wurden alle inhaltlich relevanten Aussagen auf die hier beschriebene Weise kodiert und chronologisch in einer Tabelle zusammengefasst. Diese Tabelle wird im Folgenden als *Kodiersystem* bezeichnet. Es stellt die Grundlage für alle weiteren Analyseschritte in Bezug auf Konzeptentwicklungsprozesse dar.

Abbildung 60 (S. 121) zeigt beispielhaft und stark verkürzt einen Ausschnitt eines Kodiersystems. Es folgt eine kurze Beschreibung des Kodiersystems mit den wichtigsten Kodierungen; für eine ausführliche Beschreibung sei auf die Kodierleitfäden in Tabellen III bis VIII verwiesen.

Innerhalb einer Gruppe beginnt mit jedem Lernimpuls ein neuer Tabellenabschnitt; zu Beginn wird Ziffer und Intention des Lernimpulses genannt. Die ersten beiden Spalten der *Zeit* beinhalten Anfangs- und Endzeit der Aussage eines Schülers. Es folgen vier Spalten, die für jeweils einen Schüler stehen. Sie beinhalten die *Bezeichnungen der Schüler* im Transkript (S1 bis S4) sowie die eigentlichen Kodierungen der Schüler. Weiterhin werden die zu Beginn gewählten Antworten in Klammern aufgeführt. In diese Spalten werden nur inhaltlich relevante Aussagen aufgenommen, die über die bereits beschriebenen Kategorien der Auswahlantworten in Kombination mit einem + bzw. - sowie entsprechenden Klammern kodiert werden. Wird sich gegen die eigene bzw. für eine andere Antwort ausgesprochen, wird die Kodierung in Fettschrift gesetzt (vgl. Kodierleitfaden V).

Lernimpuls 5
Intendierte Lösung: Würden sich Wassermoleküle spalten, könnten Wasserstoff und Sauerstoff entstehen und in einer Knallgasreaktion reagieren. Schwächt Auswahlantwort C.
Zudem mögliche Transferleistung aus Lernimpuls 4: Würden sich die Eugenolmoleküle spalten, gäbe es keinen Duftstoff mehr. Schwächt Auswahlantwort C.

Zeit		S1 C126 (C)	S2 C119 (A)	S3 C132 (B)	S4 C127 (D/A)	Inhalt	KE	Bezug	Intention	Sonstiges
41:39	41:39		C			Es würde Wasserstoff entstehen			+	
41:53	41:59	C				Wasserstoff/Sauerstoff wird entstehen			+	
42:05	42:08		(-C)			Ich hatte noch niemals Wasserstoff in der Küche			+	
42:12	42:23				(-C)	Wollen die darauf hinaus, dass das in die Luft springt?			+	
42:23	42:27		(-C)			Ja, es fliegt in die Luft bei Wasserstoff			+	
42:27	42:30		(-C)			Sauerstoff → Reaktion wird schlimmer			+	
42:37	42:47				-C	Müsste zu einer Explosion führen → passiert nicht, kennen wir nicht vom Kochen → C falsch			+	
42:50	42:55				-C	Würde merken, wenn etwas wegfetzt			+	

Argument: Es würde Wasserstoff und Sauerstoff entstehen. Und da Wasserstoff hoch entzündlich ist, würde jeder Hausfrau der Topf um die Ohren fliegen
Spricht für die Auswahlantwort: -
Spricht gegen die Auswahlantwort: C
Bewertung des Arguments: stark

Abb. 60: Ausschnitt eines Kodiersystems

In der Spalte *Inhalt* werden die Aussagen der Schüler in Kurzform zusammengefasst. Argumentationsketten werden hier unter Umständen umsortiert und über Pfeile dargestellt („Evidenz → Schlussfolgerung“). Um der Gefahr der Veränderung semantischer Aussagen zu entgehen, wurden die Kodiersysteme von zwei Personen erstellt und miteinander verglichen und möglichst nah am Ursprungstext formuliert.
Während der Anwendung der Kodierleitfäden wurde deutlich, dass Bedarf einer Steigerung der Nachvollziehbarkeit der Gespräche besteht; diesem wurde begegnet, indem auch chemisch relevante Aussagen ohne Bezug zu einer Auswahlantwort aufgenommen werden, welche über ein x kodiert werden.
Die Spalte *KE* steht für Konzeptentwicklung; in dieser wird über ein I eine implizite und über ein E eine explizite Konzeptentwicklung deutlich gemacht. Als explizite Konzeptentwicklung werden solche Aussagen gewertet, in denen der Schüler dieses reflektiert äußert (z. B. „Ich fühl mich gerade in meiner eigenen These widerlegt“ C121 21:33). Als implizite Konzeptentwicklungen werden solche Aussagen kodiert, die über ihre Inhalte auf einen Wechsel hinweisen, ohne dass Schüler den Vorgang der Meinungsänderung äußern (z. B. „[Verdunsten] kann nicht am Sauerstoff liegen [..], weil da drin (im Ballon; Anm. der Autorin) ist ja kein Sauerstoff“ C115 18:46). Weiterhin werden Revisionen einer Konzeptentwicklung bzw. die Rückkehr zur ursprünglichen Antwort kodiert.
Die Spalte *Bezug* führt auf, worauf eine Konzeptentwicklung referiert; dies kann beispielsweise ein Lernimpuls, der Chemieunterricht oder ein anderes Schulfach oder auch eine Alltagserfahrung sein.
Die *Intention* beschreibt über ein + oder -, ob eine Aussage der Intention des Lernimpulses entspricht. In Klammern gesetzt sind Kodierungen, die nicht intendiert waren, die jedoch zum intendierten Ergebnis führen; somit können auch fachlich nicht anerkannte

Aussagen über ein in Klammern stehendes + kodiert werden, wenn sie für diesen Lernimpuls zielführend sind.
Es folgt eine Spalte *Sonstiges*, in der beispielsweise Aussagen der Projektleitung bzw. studentischer Hilfskräfte notiert sowie Anmerkungen zu Kodierungen festgehalten werden können.
Am Ende jedes Lernimpulses werden die Aussagen aus dem *Argumentationsbogen* notiert. Im Kodiersystem wird dies über eine abschließende Zeile realisiert, in der die Formulierung des Arguments, die Antwort, für oder gegen die dieses Argument spricht, sowie die Bewertung der Stärke des Arguments notiert wird (vgl. unterste Zeile in Abb. 60).

5.2.5.1.2 Zur Analyse der Gesprächsprozesse

Das Ziel der Analyse von Gesprächsprozessen ist in dieser Arbeit die systematische Beschreibung dieser, zum einen für sich (vgl. Kap. 6.4), zum anderen als Grundlage für die Untersuchung eines Zusammenhangs aus Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozessen (vgl. Kap. 6.5.1, 6.5.2). Um dieses Ziel zu erreichen, genügt es nicht, die inhaltlich relevanten Aussagen zu betrachten, wie sie in Kap. 5.2.5.1.1 beschrieben wurden, sondern das Gespräch als Ganzes rückt in den Fokus. Aufgrund der Dauer des Transkriptionsprozesses sowie der relativ großen Datenmenge von zehn Kleingruppengesprächen wurde bereits in diesem Schritt die erste Unterscheidung getroffen: Transkribiert wurden nur Aussagen, die inhaltlicher Natur sind oder sich auf die Aufgabe an sich beziehen. Off-Topic-Aussagen, wie beispielsweise Privates oder Organisatorisches, wurden nicht transkribiert. Ein Kodierleitfaden für diese Unterscheidung findet sich im Anhang, Tabelle III. Die entstandenen Transkripte wurden in das Textanalyseprogramm *TAMS Analyzer* eingepflegt und bearbeitet.
Als theoretischer Hintergrund dieser Untersuchung wird das Konstrukt der kollaborativen Argumentation gesehen. Diese zeichnet sich zusammengefasst unter anderem durch die gemeinsame Zielsetzung einer Problemlösung bzw. des Wissenszuwachses aus. Die Diskussionen verlaufen mit- statt gegeneinander, sodass eine Überzeugungsabsicht in den Hintergrund tritt. Ein Kennzeichen des gemeinsamen Erarbeitens sind aufeinander abgestimmte Bezüge im Sinne von aufeinander bezogenen Sprechakten. Ein *Sprechakt* wird definiert als kleinste und zugleich grundlegende Einheit des Gesprächs. Aufeinander bezogene Sprechakte können zu *Gesprächssequenzen* zusammengefasst werden. Diese sind rein inhaltlich bestimmt: Eine Gesprächssequenz beschreibt einen inhaltlich zusammenhängenden Abschnitt eines Gesprächs. Diese inhaltlichen Abschnitte können in weitere Unterabschnitte, die Gesprächsmuster, gegliedert werden. Diese beschreiben die Funktion eines Gesprächsabschnitts, wie beispielsweise die Erarbeitung oder die Erklärung.
Über die Kennzeichnung von Sprechakten, Gesprächsmustern und Gesprächssequenzen können Aussagen über Verlauf, Komplexität sowie Erfolg von Gesprächen definiert wer-

den. Im Folgenden werden die einzelnen Kodierungsschritte benannt und kurz erläutert. Für die genauere Beschreibung sei auf die jeweils angegebenen Kodierleitfäden verwiesen.

1. Unterscheidung der Aussagen in Aufgabe und Inhalt

Die Unterscheidung zwischen Aufgabe und Inhalt erfolgte induktiv direkt anhand des Materials. Bei nicht eindeutigen Fällen wurde eine Sprechhandlung als Aufgabe kodiert, um sicherzustellen, dass die Kategorie Inhalt tatsächlich nur Inhaltliches enthält. Ein Kodierleitfaden befindet sich im Anhang, Tabelle III.

2. Kodierung der Sprechakte

Ein Sprechakt wird definiert als kleinste und grundlegende Einheit des Gesprächs. Ein neuer Sprechakt beginnt während eines Gruppengesprächs

- bei einem Sprecherwechsel
- bei Nennung eines neuen Aspekts innerhalb einer Sprechhandlung
- eingebettet in eine Sprechhandlung, wenn dies pragmatisch zu begründen ist

Im einfachsten Fall beginnen neue Sprechakte somit beispielsweise bei einem Sprecherwechsel in einem Frage-Antwort-Dialog. Auf den ersten Blick weniger eindeutig stellt sich die Herausarbeitung im dritten Aspekt dar: Eine Einbettung eines Sprechaktes erfolgt beispielsweise in dem Satz „Ich glaube, dass Antwort B wegen der Hitze richtig ist."; hier würden die Sprechakte „Ich glaube, Antwort B ist richtig" als *zu stützende Behauptung* sowie „wegen der Hitze" als *Stütze* kodiert werden. Zu rechtfertigen ist diese Kodierung, da der Satz anders formuliert auch lauten könnte: „Ich glaube, Antwort B ist richtig, weil Hitze hinzugefügt wird."

2.1 Primäre Kodierung - auf Basis der Funktion der Sprechakte

Die Kodierung der Sprechakte erfolgt primär auf pragmatischer Basis; das bedeutet, dass Aussagen unabhängig von ihrer grammatikalischen Realisierung kodiert werden. So kann beispielsweise eine grammatikalisch als Frage formulierte Sprechhandlung als Behauptung kodiert sein, wenn es ihrer Bedeutung entspricht. Dieses Vorgehen wird der rein strukturellen/grammatischen Kodierung vorgezogen, da weniger die Struktur der Gespräche als die Bedeutung ihrer Bestandteile hier von Interesse ist.

Unterschieden werden strukturell abhängige von strukturell unabhängigen Sprechakten. Strukturell unabhängige Sprechakte sind solche, die nicht per se auf vorangegangene Sprechakte referieren, wie beispielsweise *Behauptungen* und *Aussagen*. (Nicht gemeint ist hier der inhaltliche Bezug, der gegeben sein kann, aber nicht muss.)

Strukturell abhängig sind Aussagen, die per se auf vorangegangene Sprechakte referieren, wie beispielsweise Zustimmungen oder Widersprüche. Um auch diese abhängigen Sprechakte inhaltlich beschreiben zu können, werden die Referenzen als Art Subkategorie mit der eigentlichen Kategorie kombiniert.

Realisiert werden diese Subkategorien über das Symbol „>“ sowie den Bezug. *Zustimmung>Behauptung* würde somit eine Zustimmung zu einer Behauptung kodieren.
Das Kategoriesystem wurde anfangs deduktiv erarbeitet und anhand des Materials induktiv verändert. Die entsprechenden Kodierleitfäden finden sich im Anhang, Tabelle XI und XII.

2.2 Sekundäre Kodierung - auf Basis der grammatischen Realisierung der Sprechakte
Um die Struktur des Gesprächs in ihren Einzelheiten erfassen zu können und so mögliche Bezüge der Schüler auf vorhergegangene Sprechakte nicht zu vernachlässigen, wurden zusätzlich die Kodierung *Frageform* und *Antwort* als unabhängige Kategorien zugefügt. Somit wurden beispielsweise Behauptungen, die als Reaktion auf eine Frage geäußert wurden, zusätzlich als Antwort kodiert.
Die Kategorie Antwort findet sich sowohl in primärer als auch in sekundärer Kodierung der Sprechakte; dies stellt keinen Nachteil dar, da die Kategorien zum einen formal getrennt sind und zudem die Analyse der Kategorien unter jeweils unterschiedlichen Gesichtspunkten (pragmatisch vs. strukturell) erfolgt.

3. Weitere unabhängige Kodierungen
Unabhängig von primärer und sekundärer Kodierung wurden die Kodierungen unbeachteter Sprechakt, Beispiel und Unwissen kodiert. Um Bezüge zu beschreiben sowie mögliche Muster oder Ursachen von nicht-erfolgreichen Gesprächsabschnitten untersuchen zu können, wurden *unbeachtete Sprechakte* kodiert. Ähnliches wird mit der Kategorie *Unwissen* intendiert, die einen Hinweis auf abbrechende Gesprächsabschnitte geben kann.
Die Kategorie *Beispiel* wurde angewendet, um Bezüge der Schüler zu kodieren, die sich auf andere Aspekte als den Chemieunterricht beziehen; erwartet wurden Bezüge auf Alltagserfahrungen und Wissen aus anderen Fächern.

4. Zusammenfassung zu Gesprächssequenzen
Einzelne Sprechakte werden auf Basis ihrer inhaltlichen Abhängigkeit zu Gesprächssequenzen zusammengefasst. Eine Gesprächssequenz besteht aus mindestens je einem Sprechakt von zwei verschiedenen Sprechern; ein Beispiel für eine wenig komplexe Gesprächssequenz ist Frage-Antwort. Gesprächssequenzen können jedoch weitaus komplexere Strukturen aufweisen. Eine Gesprächssequenz beschreibt einen inhaltlichen Abschnitt; das heißt, er verdeutlicht, wie und wie lange in einem Gespräch ein abgegrenztes Thema im Sinne eines inhaltlichen Abschnitts besprochen wird. Gesprächssequenzen werden unterschieden in inhaltliche und aufgabenspezifische, wobei eine Kategorie auch Spreachakte der anderen Kategorie umfassen kann. Welche Kategorie bei einem thematisch gemischten Set aus Sprechakten angewendet wird, wird durch dessen thematischen Schwerpunkt bestimmt. Ein Kodierleitfaden findet sich im Anhang, Tabelle XIV.

5. Bestimmung von Gesprächsmustern

Während Gesprächssequenzen eine rein inhaltliche Beschreibung von Gesprächsabschnitten liefern, werden anhand von Gesprächsmustern Funktionen bzw. Zwecke von Gesprächen beschrieben. Über die Art der Sprechakte wurden induktiv Kategorien gebildet, die thematische Gesprächsabschnitte charakterisieren. Beispiele für Gesprächsmuster sind Monolog, (Er-)Klärung und Erarbeitung. Ein Kodierleitfaden findet sich im Anhang, Tabelle XV.

6. Unterscheidung der Gesprächsmuster in erfolgreiche und nicht-erfolgreiche Realisierungen

Gesprächsmuster können unterschieden werden in erfolgreich verlaufende Gesprächsabschnitte und nicht erfolgreich verlaufende Gesprächsabschnitte. Die Differenzierung basiert hier nicht auf inhaltlichen Aspekten wie der fachlichen Anerkanntheit, sondern auf dem Erreichen des Zwecks des Gesprächsabschnitts. Ein Beispiel für eine erfolgreich verlaufende Erarbeitung wäre ein Gespräch, welches seinen Beginn an einem gemeinsamen Problem hat, zu welchem bei den Schülern kein oder nur ein geringes Wissensgefälle vorliegt. Durch den Austausch und das Generieren von Wissen wird ein Problem gemeinsam gelöst. Als nicht erfolgreich würde der Gesprächsabschnitt kodiert, wenn der Beginn gleich wäre und eine gemeinsame Erarbeitung des Problems erfolgt, jedoch z. B. aufgrund einer thematischen Unterbrechung eines Schüler abbricht und nicht erneut aufgenommen wird. Die Unterscheidung in erfolgreich und nicht-erfolgreiche Gesprächsmuster ist in den Kodierleitfaden Tabelle XV (Anhang) integriert.

7. Kodierung der Ursache nicht-erfolgreicher Realisierungen der Gesprächsmuster

Gerade die nicht-erfolgreich verlaufenden Gesprächsabschnitte sind von Interesse, da an ihnen Probleme deutlich werden und mögliche Ursachen fehlender Konzeptentwicklungen ausgemacht werden können. Daher wurden die nicht-erfolgreich verlaufenden Realisierungen der Gesprächsmuster dahingehend untersucht, in welcher Form sie endeten und wieso sie nicht erfolgreich zu Ende geführt wurden.

5.2.5.2 Artefakte

Als Artefakte werden die von den Schülern während der Unterrichtskonzeption erstellen Dokumente bezeichnet. Das sind zum einen die gemeinsam bearbeiteten Argumentationsbögen sowie die Lernimpulse. Bei den Lernimpulsen waren bei Impulsen eins und zwei Aufzeichnungen gefordert; einige Schüler schrieben auch bei anderen Impulsen Notizen oder Antworten auf. Jeder ausgefüllte Lernimpuls wurde beachtet.

Die Inhalte der Argumentationsbögen wurden in das jeweilige Kodiersystem übernommen und jeweils an das Ende des Lernimpulses platziert. Es stellt die Kerngedanken des jeweiligen Gespräches dar.

Die Notizen zu Lernimpuls eins wurden eingescannt und induktiv ausgewertet. Wichtig waren hier die Begründungen sowie die Zeichnungen, die die Schülern angaben bzw. anfertigten. Die Notizen zu folgenden Lernimpulsen wurden durchgesehen und beispielsweise bei Verständnisschwierigkeiten innerhalb der Videos als Hilfsmittel gewählt.
In Bezug auf die Vorstellungen zu NOS wurden die Artefakte als zusätzliches Informationsmaterial in das entwickelte Kategoriesystem übernommen.

5.2.5.3 Nummerische Daten

Die Tests und Fragebögen erfassen zum Teil nummerische Daten, zum Teil Antworten auf offene Fragen. Die nummerischen Daten wurden für jeden Schüler einzeln erhoben und dienen sowohl der individuellen Charakterisierung als auch der Charakterisierung der Gruppen im Sinne der Auswahl von Extremgruppen. Die Charakterisierung der Gruppen erfolgt über die Mittelwerte der Einzelergebnisse sowie bei FAM, KFT und Schulnoten über den Zusatz der Homo- bzw. Heterogenität. Das Vorgehen wird beim FAM beispielhaft erklärt und wird bei KFT und Schulnoten entsprechend angewendet.

5.2.5.3.1 Fragebogen zur aktuellen Motivation

Der FAM ermittelt die aktuelle Motivation über die Bereiche Herausforderung, Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung (Rheinberg, Vollmeyer & Burns 2011), die sich wie folgt auf 18 Items aufteilen:

- 4x Herausforderung
- 5x Interesse
- 4x Erfolgswahrscheinlichkeit
- 5x Misserfolgsbefürchtung

Jeweils aus den ungewichteten Daten werden die Mittelwerte gebildet, wobei die Skalen der Items 3 und 14 aufgrund verneinender Formulierung umgepolt werden. Für eine Charakterisierung werden Terzile gebildet und so die wenig/durchschnittlich/hoch motivierten Schüler zu Gruppen zusammengefasst. Weiterhin werden für jeden Bereich (Interesse; Herausforderung; Misserfolgsbefürchtung; Erfolgswahrscheinlichkeit) entsprechende Gruppen gebildet. Da es Schüler mit gleichen Punktzahlen gibt, besteht nicht jede Gruppe unbedingt aus 1/3 der Schüleranzahl, sondern variiert entsprechend. Eine beispielhafte Gruppe zeigt Tabelle 15.
Neben der Bewertung der einzelnen Schüler wird eine Bewertung der Motivation der Gruppe angestrebt, um Extremgruppen identifizieren zu können (vgl. Tab. 15). Dafür wurden die verbalisierten Daten (wenig/durchschnittlich/hoch motiviert) in quantifizierbare umgewandelt. Eine hohe Motivation wurde mit drei Punkten bewertet, eine mittlere mit zwei, eine niedrige mit einem Punkt. Die entsprechenden Werte der Gruppenmitglieder wurden ungewichtet addiert und der Mittelwert gebildet. Die Intervalle für die Beschreibung der Motivation der Gruppe sind in Tabelle 16 dargestellt.

Tab. 15: Auszug aus der Charakterisierung über die aktuelle Motivation

Gruppe	Schüler	Interesse	Herausforderung	Misserfolgsbefürchtung	Erfolgserwartung	Motivation	Motivation/ Gruppe
LFS1	LH14	-	-	-	-	-	
	EN12	-	+	o	o	+	o+
	EE28	o	o	o	+	+	heterogen
	AS57	o	-	o	+	+	

Tab. 16: Intervalle zur Beschreibung der Gruppenmotivation

Intervalle	Kodierung
1-1,25	-
1,5-1,75	-o
2	o
2,25-2,5	o+
2,75-3	+

Als *heterogene* Gruppen werden solche bezeichnet, bei denen

- drei Gruppenmitglieder die gleiche Bewertung haben und eines um zwei Faktoren abweicht
- zwei Gruppenmitglieder die gleiche Bewertung haben, eines um einen und eines um zwei Faktoren abweicht
- zwei Gruppenmitglieder die gleiche Bewertung haben und zwei um einen Faktor abweichen

Alle anderen realisierten Kombinationen werden als homogen bezeichnet.

5.2.5.3.2 Kognitiver Fähigkeitstest

Die Rohwerte der zwei Subskalen des KFT wurden in die T-Werte umgerechnet. Für eine Charakterisierung wurden Terzile gebildet und so die Schüler den Kategorien unterdurchschnittlich (-), durchschnittlich (o) und überdurchschnittlich (+) zugeordnet (Tab. 17).

Tab. 17: Auszug aus der Charakterisierung der Schüler über zwei Subskalen des KFT

Gruppe	Schüler	Subtest V2	Werte/ Gruppe	Subtest N2	Werte/ Gruppe
LFS1	LH14	+	+ homogen	o	o+ homogen
	EN12	o		+	
	EE28	+		+	
	AS57	+		o	

5.2.5.4 Reflexionsbogen

In Bezug auf den Reflexionsbogen wurden nur bestimmten Werte in die Untersuchung einbezogen, so unter anderem die letzte Chemie- sowie die letzte Deutschnote. Tabelle 18 zeigt diese Schulnoten sowie die jeweiligen Gruppencharakterisierungen. Letztere erfolgen hier über die Durchschnittsnote sowie die in Kap. 5.2.5.3.1 beschriebenen Unterscheidung in homogene und heterogene Gruppen.

Tab. 18: Auszug aus der Charakterisierung der Schüler über Chemie- und Deutschnote

Gruppe	Schüler	Chemienote	Chemienote/ Gruppe	Deutschnote	Deutschnote/ Gruppe
LFS3	UT31	3	2,5 heterogen	3	2.3 homogen
	IM59	2		2	
	EB98	2		2	
	AR09	3		2	

Neben der in Lernimpuls 6 gemeinsam gewählten Antwort hatten die Schüler erneut die Möglichkeit, sich anonym und unabhängig von den Gruppenmitgliedern zu positionieren. Die Analyse der Konzeptentwicklung basiert für jeden Schüler auf dieser anonymen Antwort, die er nach Beendigung der Gruppenarbeit auf dem Reflexionsbogen angegeben hat.

Weiterhin wurden jene Fragen analysiert, inwieweit die Schüler die Lernimpulse bzw. die Aussagen der Mitschüler als hilfreich empfunden haben. Da dies jeweils über eine einzelne Frage realisiert wurde, wurden die jeweiligen Werte für sich analysiert; eine weitere Aufbereitung war an dieser Stelle nicht notwendig.

Das Feedback in Bezug auf als positiv / weniger positiv empfundene Aspekte wird lediglich in im Rahmen des Interesses und der Motivation ergänzend analysiert. Eine Übersicht zu dem Feedback aller Schüler findet sich im Anhang, Tabelle XX.

5.3 Ergänzungsstudie

5.3.1 Design

Die übergreifende Forschungsfrage zu beiden Fallstudien lautet:
Wie verlaufen Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice²learn?
Der Begriff der Konzeptentwicklung umfasst dabei sowohl fachwissenschaftliche Konzepte als auch solche zu NOS. Diese Vorstellungen zu NOS bilden den Fokus in dieser sekundären Studie. Der zu untersuchende Fall kann definiert werden als die aufgrund der Unterrichtskonzeption auftretenden Konzeptentwicklungen bezüglich NOS.
Für die Erhebung dieser Vorstellungen wurde zum einen ein abschließender Lernimpuls zur Reflexion möglicher Wege der Erkenntnisgewinnung sowie der Beweisbarkeit von Erkenntnissen eingesetzt. Zum zweiten wurde ein Prä-/Posttest in Form zweier offener Fragen von den Schülern bearbeitet.
Diese Studie ist eine rein deskriptive, die eine Beschreibung von Konzeptentwicklungen thematisiert; dabei werden nicht die Prozesse beschrieben, sondern ein Vorher-Nachher-Vergleich angestrebt. Die Analyseeinheiten dieses Falls sind die einzelnen Schüler zweier Kurse, die den Prä- und Posttest bzgl. NOS sowie den letzten Lernimpuls zu NOS bearbeitet haben; insgesamt sind dies 29 Schüler. Aufgrund mehrerer vorhandener Analyseeinheiten kann von einer eingebetteten Einzelfallstudie gesprochen werden.
Diese Hauptdatenquelle wird ergänzt um Mitschriften zu den Videos der Kleingruppenarbeiten, in denen die Schüler den Lernimpuls 8 bearbeiten. Die Videos sind entstanden bei Datenerhebungen zu dem Thema *Lösen von Decan in Cyclodecan*.
Trotz bestehender Forschung zu Konzeptentwicklungen zu NOS wird die Studie als deskriptive Studie realisiert. Dies ist damit zu rechtfertigen, dass eine Untersuchung in Bezug auf die hier eingesetzte Unterrichtskonzeption nicht und auch nicht in ähnlicher Form durchgeführt wurde. Der theoretische Hintergrund zu Konzeptentwicklungen durch Unterrichtseinheiten ist dennoch relativ breit, sodass anhand bestehender Erkenntnisse ein Vorhersagensystem erstellt werden konnte.

5.3.2 Forschungsfragen

Die oben definierte übergreifende Forschungsfrage soll anhand des folgenden Vorhersagensystems sowie der dazu formulierten Subfragen analysiert werden.

KN-1 *Schüler besitzen verschiedene Vorstellungen über NOS*
KN-1.1 Welche Vorstellungen über NOS bestehen im Prätest?

KN-2 *Durch implizite Vermittlung von Aspekten zu NOS wird keine Konzeptentwicklung angeregt*

KN-2.1 Werden unabhängig vom letzten Lernimpuls Äußerungen zu NOS getätigt?
KN-2.2 Welche Vorstellungen über NOS werden im letzten Lernimpuls geäußert?
KN-2.3 Welche Vorstellungen über NOS bestehen im Follow-up-Test?
KN-2.4 Korrelieren die im Prätest getätigten Aussagen mit denen während des letzten Lernimpulses?
KN-2.5 Korrelieren die im Posttest getätigten Aussagen mit denen während des letzten Lernimpulses?
KN-2.6 Auf welche Bezüge referieren Schüler im Vor-, Follow-up-Test und Video?

5.3.3 Zeitlicher Ablauf einer Datenerhebung

Der zeitliche Ablauf der Datenerhebung entspricht in den Grundzügen jener der Hauptstudie; auch hier wurde die Unterrichtskonzeption durchgeführt, jedoch anhand der Thematik *Lösen von den Decan in Cyclodecan.* Wie aus den Kapiteln 3 und 4 deutlich wurde, ist das Vorgehen entsprechend, sodass unabhängig vom fachlichen Inhalt Aspekte zu NOS wie das Bestehen mehrerer konkurrierender Thesen, das Arbeiten und Diskutieren im Team oder das Ausschlussverfahren implizit thematisiert werden.
Zusätzlich wurden in diesen Durchgängen in der ersten Einzelstunde ein Fragebogen mit zwei offenen Fragen zu Aspekten von NOS von den Schülern bearbeitet. Den Schülern wurde deutlich gemacht, dass es hier nicht um ein *richtig* oder *falsch* der Antworten geht, sondern dass gebeten wird, die Vorstellungen möglichst ausführlich und ehrlich aufzuschreiben. Dieser Fragebogen wurde in gleicher Form als Posttest nach sechs bis acht Wochen eingesetzt. Weiterhin erhielten die Schüler die Möglichkeit, anhand eines achten Lernimpulses Aspekte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung während der Doppelstunde zu reflektieren.

5.3.4 Eingesetzte Instrumente

Die Daten über die Vorstellungen zu NOS wurden in Form von zwei offenen Fragen sowie einem letzten Lernimpuls aufgenommen. Die Fragen wurden in der Einzelstunde als Prätest sowie nach sechs bis acht Wochen in gleicher Form als Posttest eingesetzt. Die beiden Tests werden hier als Prä- und Posttest bezeichnet, sind jedoch nicht im Sinne eines variablenkontrollierten Designs im quantitativen Sinne zu verstehen.
Die Fragen lauten:

1. Wie gelangt man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen?
2. Kann man in den Naturwissenschaften Erkenntnisse beweisen? Wenn ja, wie? Wenn nein, wieso nicht?

Analog zu diesen Fragen wurden sie im letzten Lernimpuls auf die Konzeption formuliert:

1. (Inwiefern) Erkennt ihr einen Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in der Doppelstunde und der Art und Weise, wie man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangt?
2. Ist die Auswahlantwort, für die ihr euch letztendlich entschieden habt, bewiesen? Begründet eure Meinung.

5.3.5 Datenaufbereitung

Die hauptsächliche Frage ist, ob sich durch die bezüglich NOS implizite Konzeption Vorstellungen verändern. Daher wurde besonderes Augenmerk auf Prä- und Posttest gelegt. Der Lernimpuls wurde anfangs separat ausgewertet und die Daten im Anschluss mit denen der offenen Fragen verglichen.

Für beide offenen Fragen wurde im Sinne Mayrings (2012) in stetigem Wechselspiel Kodierleitfaden und Kategoriesystem im Rahmen einer von der Autorin betreuten Masterarbeit (Wischerath 2014) in einer ersten Version entwickelt.

Für dieses Kategoriesystem sowie den Kodierleitfaden wurden in einem ersten Schritt die Hauptkategorien deduktiv festgelegt. Als Kategorien wurden solche Aspekte festgelegt, die implizit über die Konzeption thematisiert werden bzw. verändert werden können. Dies ist beispielsweise, dass mehrere Thesen nebeneinander bestehen können, dass mittels Ausschlussverfahrens gearbeitet wird oder dass soziale Aspekte wie der Austausch und die Diskussion im Erkenntnisprozess eine Rolle spielen.

Das erstellte Kategoriesystem wurde auf die schriftlichen Antworten angewendet und dabei induktiv verändert. Induktiv gefundene Aspekte, die zwar fachlich richtig sind, jedoch über die Konzeption nicht verändert werden können (z. B. finanzielle Aspekte, Zufall), wurden nicht in das Kategoriesystem aufgenommen. Einen Auszug aus dem Kodierleitfaden zu der ersten Frage (Wie gelangt man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen?) findet sich in Tabelle 19. Der Kodierleitfaden befindet sich im Anhang, Tabelle XIX.

Tab. 19: Auszug aus Kodierleitfaden_Erkenntniswege

Experiment	Explizite Nennung des Begriffs *Experiment* oder eines Synonyms	„Meiner Meinung nach kann man dort Erkenntnisse beweisen, indem man einen Versuch durchführt [..]“ (AY02, Prätest)
Experimente	Explizite Nennung des Begriffs *Experimente* oder eines Synonyms oder eines Wortes mit entsprechendem Wortstamm, z. B. Gegenexperimente	„So gelangt man durch Versuche/Experimente zu Erkenntnissen und Beweisen [..]“ (SI25, Prätest)
Experimentieren	Referenz auf die Tätigkeit des Experimentierens; Unklar, ob ein oder mehrere Experimente gemeint sind.	„Man stellt eine Theorie nach Beobachtungen auf, erstellt theoretische Lösungen und experimentiert dann gezielt [..]“ (ER85, Posttest)

Auf diese Art konnte jedem Schüler mindestens eine Kategorie zugeordnet werden; beispielhaft ist ein Auszug der tabellarischen Übersicht über den Schülern zugeordnete Kategorien in Tab. 20 dargestellt.

Tab. 20: Auszug aus „Schülervorstellungen zu Erkenntniswegen (Prä-, Posttest, Video)“

	Schüler	Prätest	Video	Posttest
G1	HH11	Ee R	T A	Ee F
	AS01	Ee R	A T V Fal	Ee V Fal R
	HI64	Ee	A	Ee Fal*

Legende:
A: Ausschlussverfahren; E: Experiment; Ee: Experimente; En: Experimentieren; F: Forschung; Fal: Falsifikation; Fr: Frage; Frn; Fragen; R: Rationale Aspekte; S: Soziale Aspekte; T: These; Tn: Thesen; Th: Theorie; Thn: Theorien; V: Verifikation

Für die Beantwortung der zweiten Frage nach der Beweisbarkeit von Erkenntnissen wurde ein Kodierleitfaden entwickelt, der die drei Kategorien *Ja*, *Nein* und *Eingeschränkt* umfasst (Anhang, Tab. XVIII). Anhand des Kodierleitfadens kann jedem Schüler eine Kategorie für Prätest, Video und Posttest zugeordnet werden. Ein Auszug aus dem Kodierleitfaden ist in Tabelle 21 abgebildet.

Tab. 21: Auszug aus Kodierleitfaden_Beweisbarkeit von Erkenntnissen

Kategorie	Indiz	Beispiel
Ja	i) Explizite Bejahung	i) Ich denke, dass man Erkenntnisse durch Experimente beweisen kann [..] (OI71, Prätest)
	ii) Implizite Bejahung durch die Begründung	ii) Einerseits ja, andererseits nein. In den Naturwissenschaften sind vieles Vermutungen und diese kann man durch Experimente beweisen/belegen (AY02, Prätest)

5.4 Zur Güte des Designs und der Daten

Zur Güte des Designs nennt Yin vier Kategorien: die Konstruktvalidität, die interne und externe Validität sowie die Reliabilität.

Den Kriterien für eine angemessene *Konstruktvalidität* wurde in diesem Design entsprochen. Es wurden verschiedene Quellen der Evidenzen genutzt. Diese sind:

- Videos als Hauptdatenquelle
- entstandene Artefakte (Multiple-Choice-Aufgabe, Notizen zu Lernimpulsen und Argumentationsbögen)
- Test zu kognitiven Fähigkeiten
- Fragebogen zur aktuellen Motivation

- allgemeine Daten (Geschlecht, Alter etc.)
- Daten des Reflexionsbogens

Sowohl die eingesetzten Instrumente als auch die Aufbereitung der Daten wurden ausführlich dargestellt; dieses entspricht als ein Teil der Forderung der Kette der Evidenzen, über die der Forschungsweg in jeder Situation deutlich werden soll. Dieser Forderung wurde auch in besonderem Maße bei der Entwicklung der Lernmaterialien entsprochen. Hervorzuheben ist hier die ausführliche Darstellung der Entwicklung der Materialien über multiple Zyklen hinweg. Der Forderung des Gegenlesenlassens der Daten wurde nur in bestimmten Aspekten entsprochen: Die Weiterentwicklung der Lernmaterialien erfolgte in stetiger Rücksprache mit weiteren Institutsmitgliedern. Bei der Durchführung der Konzeption waren die jeweiligen Chemielehrer des Kurses bzw. der Klasse anwesend und beteiligt. Über diese Lehrpersonen war eine stetige Rückmeldung bezüglich der Lernmaterialien sowie der Durchführung möglich. Die Entwicklung der eingesetzten Instrumente sowie die ersten Ergebnisse wurden mit weiteren Institutsmitgliedern diskutiert. Mittels einer Veröffentlichung sowie diverser Vorträge konnte eine Rückmeldung von institutsexternen Wissenschaftlern und Lehrern eingeholt werden. Das fehlende Element in diesem Aspekt ist das Gegenlesen und Prüfen der Daten von den beteiligten Probanden selbst. Auf diese Validierung wurde verzichtet, da die Verschriftlichung der Videos sowie deren Auswertung eine so lange Zeit in Anspruch nahmen, dass eine Prüfung durch die Schüler nicht praktikabel gewesen wäre.

Insgesamt kann angenommen werden, dass den Kriterien der Konstruktvalidität angemessen entsprochen wird.

Die *interne Validität* wird an dieser Stelle nur angerissen und des Weiteren auf das Kapitel 7.3 verwiesen, da sie erst in der Phase der Datenanalyse relevant ist. Yin (2009) nennt das pattern matching, das explanation building, rivalisierende Erklärungen sowie logische Modelle als Taktiken der Steigerung der internen Validität. Die rivalisierenden Erklärungen werden teilweise über das Vorhersagensystem realisiert; so wird beispielsweise von einer oder eben keiner Veränderung von Schülervorstellungen ausgegangen. Die interne Validität soll in dieser Arbeit weiterhin über konkret formulierte und kleinschrittige Subfragen gesteigert werden. Diese Ansätze entsprechen den Forderungen Yins (2009). Eine abschließende Bewertung findet nach Darstellung der Ergebnisse statt.

Die *externe Validität* zeigt sich im Design der Studie. In diesem Fall wird eine Einzelfallstudie als primäre Studie beschrieben; aufgrund struktureller Aspekte, die sich erst im Laufe der Datenerhebung ergeben haben, wurde eine zweite Einzelfallstudie ergänzt, die jedoch weitaus geringeren Umfang hat. In der Hauptstudie wird sowohl eine Beschreibung eines Idealfalls in Bezug auf die Konzeptentwicklungsprozesse dargestellt als auch ein Vorhersagensystem entwickelt, welches auf bestehender Literatur sowie rivalisierenden Thesen basiert. Für die Ergänzungsstudie wurde ein Vorhersagensystem entwickelt, welches ebenfalls aus der Literatur abgeleitet wurde. Erst am Ende werden die Ergebnis-

se der Einzelfallstudien aufeinander bezogen und so versucht, weitere Erkenntnisse zu gewinnen bzw. diese zu validieren.

Die *Reliabilität* beschreibt die Zuverlässigkeit der Studie. Den Kriterien der Reliabilität wurde in den zwei vorliegenden Studien besonders über die Inter- und Intraraterreliabilität Rechnung getragen. Alle entwickelten Kategorien, Kodierleitfäden und Kodiersysteme wurden von mindestens zwei Forschern nach einer ersten Ideensammlung unabhängig voneinander entwickelt und diese ersten Versionen besprochen. Dieses Vorgehen aus Einzelarbeit und stetiger Diskussion und Abgleich im Team (auch unter Einbezug anfangs unbeteiligter Institutsmitglieder) ermöglichte eine reliable Aufbereitung der Daten. Für jede Anwendung eines Kodierleitfadens wurde ein (nicht quantifizierter) Teil der Daten von verschiedenen Personen unabhängig voneinander kodiert und die Ergebnisse verglichen. Ungleiche Kodierungen wurden besprochen und die Kodierleitfäden entsprechend verändert bzw. konkretisiert, um eine genaue Beschreibung des Vorgehens zu gewährleisten.

Yin (2009) nennt die Erstellung eines Fallstudienprotokolls als eine Taktik der Steigerung der Reliabilität. Dieses Protokoll wurde von der Autorin stetig geführt, jedoch nicht in diese Arbeit übernommen; es dient neben der Protokollierung aller wichtigen Schritte innerhalb des Studienverlaufs primär als Protokoll mit Aufgaben, Fragen etc. zu der eigenen Arbeit. Als weitere Taktik wird die Erstellung einer Datenbank genannt. Diese liegt vor und war entsprechenden Mitarbeitern unter Absprache mit der Autorin zugänglich. Über die Datenbank ist es möglich, alle Daten einsehen zu können. Insgesamt wurden die von Yin (2009) vorgeschlagenen Taktiken angewendet und um Aspekte wie die Steigerung der Reliabilität über verschiedene Kodierer erweitert.

6 Ergebnisse und Diskussion der Hauptstudie

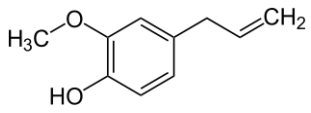
Zur besseren Übersicht werden im Folgenden die Forschungsfragen zu Unterkapiteln zusammengefasst und in diesen beantwortet. Die Nummerierung der Forschungsfragen wird beibehalten und entspricht der in Kapitel 5.2.2 verwendeten. Aufgrund der vielen Subfragen werden teils direkt im Anschluss der Ergebnisse, teils in gezogenen (Zwischen-)Fazits Schlussfolgerungen gezogen sowie Ergebnisse und Schlussfolgerungen diskutiert.

6.1 Konzeptentwicklung des Fachwissens

6.1.1 Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang

Die folgenden Analysen beziehen sich auf die in Abbildung 61 dargestellte Aufgabe (vgl. Kap. 4).

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?



Eugenolmolekül

[A] Die Abstände der Eugenolmoleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenolmoleküle werden größer.
[C] Die Eugenolmoleküle spalten sich.
[D] Die Eugenolmoleküle reagieren mit Luftsauerstoff.

Abb. 61: Multiple-Choice-Aufgabe „Verdampfen von Eugenol“

KF-1 Schüler haben unterschiedliche Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang

KF-1.1 Welche Antworten werden zu Beginn angekreuzt?

Tabelle 22 zeigt die angekreuzten Antworten zu Beginn, zum einen von den 40 Schülern, die videographiert wurden, zum anderen von den insgesamt 61 Schülern, die teilgenommen, jedoch zum Teil nicht videographiert wurden.

Während 14 von 40 bzw. 23 von 61 Schülern sich für die fachlich anerkannte Antwort entscheiden, wählen 26 bzw. 38 Schüler eine fachlich nicht anerkannte. Innerhalb der Distraktoren schwankt die Anzahl der gewählten Antworten.

Tab. 22: Anzahl der Schülerantworten in der ersten Positionierung

Antwort	Schüler der Videogruppen	Schüler aller Gruppen
A	14	23
B	10	13
C	5	8
D	11	17
gesamt	40	61

Auffällig ist, dass gerade Antwort B, die in den Daten von Marohn (vgl. Kap. 2.2) sowie in der Literatur nur in vergleichsweise geringem Maße auftritt, hier stärker vertreten wird als Antwort C. Dass es sich tatsächlich um das Konzept der Antwort B und nicht um eine Verwechslung mit Antwort A handelt, wird anhand der Erläuterung in Lernimpuls 1 deutlich (vgl. KF-1.2). Bei der geringen Probandenzahl ist diese Zahl nicht repräsentativ, zeigt jedoch, dass die Vorstellung bei Schülern vertreten ist.

KF-1.2 (Wie) Stützen Schüler ihre Standpunkte inhaltlich?

Ob eine Aussage als Stütze (häufig als Begründung realisiert) gewertet wird, wird an grammatikalischen und inhaltlichen Aspekten, nicht jedoch an der fachlichen Richtigkeit festgemacht. Tabelle 23 benennt die genannten Stützen sowie weitere Ausführungen. Die grau gedruckten Schüler nennen dabei Aussagen, die die Auswahlantwort wiedergeben oder diese konkretisieren, dabei jedoch keine Stütze im Sinne einer Stützung der Auswahlantwort beschreiben. Die in Klammern stehenden Schüler wechseln direkt zu Beginn des Gesprächs von ihrer gewählten Antwort eigenständig zu Antwort A.

Tab. 23: Aussagen und Stützen zu den ausgewählten Antworten

Antwort zu Beginn	Schülervorstellung (Zeichnung (Z), Video (V))	Schüler
A	größere Abstände	IM59, LH14, EE70, EN40
	chemisches Gesetz: größere Abstände	**EN12**
	Wasserstoffbrückenbindungen brechen; größere Abstände	AL61
	Wasserstoffbrückenbindungen brechen; größere Abstände; Moleküle verändern sich nicht	**AR12**
	Brownsche Molekularbewegung → größere Abstände	**C119**
	stärkere Teilchenbewegung → größere Abstände	**HY42, AE31, OL53, EA35**
	Brownsche Molekularbewegung → stärkere Teilchenbewegung → größere Abstände	**C104, AR09**

Antwort zu Beginn	Schülervorstellung (Zeichnung (Z), Video (V))	Schüler
B	größere Abstände	DE12, EK91, IM23, EB98, C112
	stärkere Teilchenbewegung → größere Abstände	**EE28**
	Brownsche Molekularbewegung → stärkere Teilchenbewegung → größere Abstände	**C113, (RV98)**
	größere Abstände; Stoff nimmt mehr Fläche ein → Moleküle müssen mehr Fläche einnehmen	**OC61**
	Gitterstruktur: größere Abstände	C132
C	Aus einer Kugel werden zwei, dann vier Kugeln (Z); Wechsel zu B (V)	C105
	Zwei Kugeln: Eugenol, Nelkenöl, dazwischen Strich (Z); revidiert, verlesen (V)	C126
	Strich zwischen zwei Strukturformeln (Z); Brownsche Molekularbewegung → stärkere Teilchenbewegung → Moleküle spalten sich (V)	**C121**
	Strukturformel (Z); Eigenschaften ändern sich → Reaktion mit Sauerstoff → Aroma wird abgespalten	**IL45**
	Kugeln: In Gefäß zusammen, oberhalb mit Abstand (Z); Moleküle spalten sich (V)	C120
D	Strukturformel: „oxidiertes Eugenol“	NH77
	Verbindung von zwei Eugenolmolekülen über Sauerstoff	HE61
	Verbindung von Kugelteilchen	C106, C128
	Kugelmischung aus Sauerstoff und Eugenol	C129, (C127)
	Vermischt sich/reagiert mit Sauerstoff	C123
	Reaktion → durch Sauerstoff in Gasphase getragen	**C107**
	Gasförmig=veränderte Formel → Stoff mit Duft entsteht	**AS57**
	Kugeln: größerer Abstand; Pfeil mit „Sauerstoff“ (Z); Reaktion → durch Sauerstoff in Gasphase getragen (V)	**C115, UT31**

Legende:
Fettschrift: Aussprache für eine Antwort wird durch eine Stütze ergänzt.
graue Schrift: Aussprache für eine Antwort wird nicht durch eine Stütze ergänzt.
Klammern: Eigenständiger Wechsel des Standpunkts zu Antwort A zu Beginn des Gesprächs

Antwort A

Die Aussagen zu Antwort A können inhaltlich in vier grobe Kategorien eingeteilt werden: Keine Stütze; Verweis auf Gesetz; Überwindung von Wasserstoffbrückenbindungen; Bewegung. EN12 stützt seine Antwort mit dem Verweis auf ein chemisches Gesetz, welches das Verdampfen als Vergrößerung der Molekülabstände beschreibt. Zwei Schüler benennen die Überwindung von Wasserstoffbrückenbindungen als einen Vorgang, der mit dem Verdampfen einhergeht. Dieses ist im Fall des Eugenols fachlich korrekt, jedoch nicht aus-

reichend; die Aussage wird als Ausführung, jedoch nicht als Stütze gewertet, da sie in dem Sinne nicht so formuliert wurde. Schüler AL61 fügt jedoch im Video hinzu, dass A richtig sein müsse, da sich die Moleküle beim Verdampfen nicht verändern würden. Dies gilt als fachlich korrekte Stütze. Sieben Schüler stützen die Auswahlantwort A mit einer stärkeren Bewegung der Teilchen. Dieses wird zum Teil auf die Brownsche Molekularbewegung zurückgeführt. Die Brownsche Molekularbewegung beschreibt die ungerichtete und stetige Bewegung von Teilchen in der flüssigen und gasförmigen Phase.[39] Durch Energiezufuhr wird diese Bewegung erhöht. Auf dieses Beispiel bezogen heißt es, dass die Eugenolmoleküle in der flüssigen Phase stetig aneinanderprallen. Dadurch verändert sich ihre kinetische Energie. Ist die kinetische Energie so groß, dass sie die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen übersteigt, gehen die Moleküle in die Gasphase über - der Stoff verdunstet. Wird die Brownsche Molekularbewegung im Sinne der thermischen Bewegung verstanden und von der Brownschen Bewegung makro- bzw. mesoskopischer Teilchen differenziert, kann daher diese Stütze als fachlich anerkannt gesehen werden. Gestützt wird die These, dass zumindest die Schüler C119, C104 und C113 die Brownsche Molekularbewegung im Sinne von sich bewegenden submikroskopischen Teilchen meinen durch die Referenz auf Diffusion, auf den Biologieunterricht sowie auf einen Versuch der Verteilung von Kaliumpermanganat in Wasser.
Zusammengefasst geben fünf Schüler keine Stütze; neun Schüler geben verschiedene Stützen, die fachlich anerkannt sind.

Antwort B

Sechs Schüler referieren auf größere Abstände der Atome zueinander, ohne eine weitere Stütze zu geben. Einer von ihnen zeichnet eine Gitterstruktur ähnlich der eines Metalls, ohne jedoch näher darauf einzugehen. Vier Schüler geben eine stärkere Teilchenbewegung bzw. stärkere Brownsche Molekularbewegung als Stütze an, wobei RV98 direkt zu Beginn aufgrund falsch verstandener Aufgabe zu Antwort A wechselt. Ein Schüler zieht aus der Tatsache, dass ein Stoff beim Übergang von flüssig zu gasförmig mehr Fläche (richtig wäre Volumen) einnimmt, die Schlussfolgerung, dass auch die Moleküle an sich mehr Fläche einnehmen müssten.

39 Sie ist von der Brownschen Bewegung zu unterscheiden. Diese beschreibt die Bewegung von makro- oder mesoskopischen Teilchen auf bzw. in einer Flüssigkeit, die sich ebenfalls stetig ungerichtet bewegen. Aus dieser Beobachtung wurde auf die Bewegung von Flüssigkeitsteilchen geschlossen. Die Brownsche Molekularbewegung ist unterschiedlich definiert und wird teilweise in dem hier beschriebenen Sinne der Brownschen Bewegung verstanden (https://roempp.thieme.de/roempp4.0/do/data/RD-02-02778); in der vorliegenden Arbeit wird unterschieden zwischen Brownscher Molekularbewegung und Brownscher Bewegung und daher die Antwort der Schüler als fachlich anerkannt erachtet. In diesem Sinne wird die Brownsche Molekularbewegung als thermische Bewegung gesehen. Stoßen die Teilchen einer Flüssigkeit aneinander, verändert sich deren Impuls und damit deren Energiegehalt. Übersteigt der Energiegehalt eines Teilchens den der Anziehungskraft zwischen Teilchen, so ist es möglich, dass es in die Gasphase übergeht. Dieses wird makroskopisch als Verdampfen interpretiert.

Antwort C

Von den Ausführungen zu Antwort C werden lediglich zwei als Stütze gewertet.
C105, C120 und C126 führen ihre Vorstellungen aus, ohne diese weiter zu stützen.
C121 bezieht sich auf die Brownsche Molekularbewegung, aufgrund derer sich die Teilchen schneller bewegen, bis sie sich schließlich spalten. Dieser Schüler referiert ebenfalls auf den Biologieunterricht. Schüler IL45 sieht das Zerbrechen der Moleküle als Grund dafür, dass sich die Aromastoffe abspalten können. Durch das Erwärmen verändern sich die Eigenschaften, sodass erst auf diese Weise der Duft entsteht. Wie genau sich das Molekül spaltet, bleibt dabei unklar.

Antwort D

Antwort D wird auf verschiedene Weise ausgeführt, jedoch von sechs Schülern nicht weiter gestützt. Bei C129 und C127 ist nicht klar, ob sie sich den Vorgang tatsächlich als chemische Reaktion vorstellen; ihre Zeichnungen stellen eher eine Mischung aus Sauerstoff- und Eugenolmoleküle dar. Da der Schüler C129 sich während des Videos nicht weiter dazu äußert, bleibt es an dieser Stelle unklar; Schüler C127 wechselt direkt zu Beginn des Gesprächs ohne äußeren Input zu Antwort A und nennt als Grund, sich verlesen zu haben.
Vier Schüler geben eine Stütze: Drei Schüler sagen hier, dass der Sauerstoff benötigt wird, um das Eugenol in die Gasphase zu „tragen“. C115 und UT31 zeichnen ihre Vorstellung ähnlich Antwort A als Mischung der Teilchen. Aufgrund der Erklärung im Video gibt es jedoch Hinweise, dass sie von einer tatsächlichen Reaktion ausgehen. Schüler AS57 stützt seine Wahl dadurch, dass erst durch die Reaktion von Sauerstoff mit dem Eugenol ein neuer Stoff mit dem charakteristischen Duft entsteht.

Zwischenfazit

20 von 40 Schülern stützen ihre Entscheidung. Als hauptsächliche Stütze wird die stärkere Teilchenbewegung genannt, wobei diese teilweise als Brownsche Molekularbewegung konkretisiert wird. Die Brownsche Molekularbewegung wird dabei auch bei den fachlich nicht anerkannten Vorstellungen B und C verwendet; an dieser Stelle wird deutlich, dass Schüler zwar Konzepte wie die Brownsche Molekularbewegung verinnerlichen, dieses jedoch nicht im richtigen Kontext anwenden bzw. auf ungeeignete Kontexte übertragen. Die Stützen bei C und D, dass der Duftstoff erst durch Spaltung bzw. Oxidation entsteht, ist dahingehend unerwartet, dass im Kontext explizit genannt wird, dass Eugenol für den Nelkenduft verantwortlich ist.

KF-1.3 Schüler, die am Anfang die fachlich anerkannte Antwort gewählt haben:
i) Stützen sie zu Beginn die Antwort fachlich anerkannt?
ii) Scheinen sie von ihrer Antwort überzeugt?

Die für Antwort A genannten Stützen umfassen den Verweis auf ein Gesetz (EN12), auf stärkere Teilchenbewegung (C119, AR09, HY42, AE31, OL53, EA35, C104) sowie darauf, dass sich die Moleküle beim Verdampfen nicht verändern (AR12). Diese Stützen können als fachlich anerkannt angesehen werden, obgleich sie auf verschiedene Sachverhalte referieren.

Schüler EN12 referiert auf ein chemisches Gesetz; somit kann davon ausgegangen werden, dass er sich seiner Antwort sicher ist, zumal er hinzufügt, dass sich nicht der Abstand der Atome zueinander verändert. Schüler AR12 sagt direkt zu Beginn, dass A ihm am logischsten erscheint, er es jedoch nicht ganz verstanden habe. Im Laufe des Gesprächs stimmt er einer Zusage von IM23 (Antwort B) zu, dass sowohl A als auch B stimmen könnte. Er scheint nicht überzeugt zu sein, die richtige Antwort gewählt zu haben. Schüler C119 beschreibt seine Antwort stimmig über die Argumentationskette, dass die Brownsche Molekularbewegung vorliegt und sich die Teilchen gegenseitig abstoßen und sich so der Duft im ganzen Raum verteilt. In diesem Zusammenhang spricht er von der Abstoßung der Atome. Da er jedoch ansonsten konsistent für A argumentiert und auch den Unterschied zwischen Antwort A und B benennt, wird diese Aussage als Versehen gewertet. Schüler AR09 beschreibt ebenfalls die Ausbreitung des Duftes über die erhöhte Teilchenbewegung und damit die Vergrößerung der Teilchenabstände. Da er im Laufe des Gesprächs nacheinander die drei weiteren Antwortmöglichkeiten ablehnt bzw. entkräftet, ist davon auszugehen, dass er von seiner Antwort überzeugt ist. Schüler AE31 und HY42 sind in einer Gruppe und argumentieren häufig gemeinsam bzw. stimmen einander zu. Beide Schüler scheinen nicht überzeugt von ihrer Antwort, da sie sowohl Antwort B als auch Antwort D nicht ausschließen. Gerade Schüler AE31 sagt explizit, dass sowohl A als auch B möglich seien. Schüler OL53 scheint zu Beginn von seiner Antwort überzeugt und betont dieses auch, nachdem RV98 direkt zu Beginn sagt, dass er von B zu A wechselt, da er sich verlesen habe. Erst im Laufe des Gesprächs während der Thematik der Stoßtheorie sowie der Brownschen Molekularbewegung scheint er verunsichert, sodass er am Ende zusammenfasst, dass A oder B richtig sein könnten. Er scheint nicht überzeugt von seiner Antwort. Schüler EA35 scheint zu Beginn sehr von seiner Antwort überzeugt und streitet vehement ab, dass Antwort C richtig sein könne. Erst im Laufe des Gesprächs wird er verunsichert und beginnt Überlegungen, dass Antwort C stimmen könnte, welche er jedoch nach kurzer Zeit abbricht und Antwort A weiter vertritt. Obwohl er sich verunsichern lässt, scheint er von seiner Antwort überzeugt. Schüler C104 vertritt seine Antwort konsequent, sodass davon auszugehen ist, dass er von ihr überzeugt ist.

Zwischenfazit

Zusammengefasst gelten EN12, C119, AR09, EA35 und C104 als überzeugt und AR12, AE31, HY42 und OL53 als nicht überzeugt. Auf die Gesamtheit der Schüler übertragen, kann festgehalten werden, dass die Schüler verschiedene Vorstellungen zum Verdampfungsvorgang haben. Das Ankreuzen der richtigen Antwort bedeutet nicht, dass diese gestützt wird sowie dass die Schüler von dieser überzeugt sind.

KF-1.4 Welche Antworten werden in Abhängigkeit von der Chemienote angekreuzt?

Tabelle 24 beschreibt das Ankreuzverhalten in Abhängigkeit von der Chemienote.

Tab. 24: Anzahl der angekreuzten Antworten in Abhängigkeit von der Chemienote

	Auswahlantwort			
Chemienote	A	B	C	D
1	4	0	1	2
2	8	5	3	5
3	1	3	1	3
4	0	2	0	1

Deutlich wird hier, dass auch Schüler mit sehr guter Chemienote auf dem letzten Zeugnis fachlich nicht korrekte Vorstellungen besitzen. Für eine statistische Auswertung ist die vorliegende Schülerzahl zu gering; dennoch wird hier die Tendenz sichtbar, dass mit schlechter werdender Chemienote die Anzahl von fachlich nicht anerkannten Vorstellungen steigt.

Die genaue Darstellung von Schülern und Noten erfolgt über die Bildung von Extremgruppen in Kapitel 6.5.5. Insgesamt sind hier nur 39 Schüler vertreten, da von Schüler EN40 die Note nicht bekannt ist.

6.1.2 Fazit zu „Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang“

Die im Vorhersagesystem formulierte Proposition lautet, dass die Schüler unterschiedliche Vorstellungen zum Verdampfungsvorgang besitzen.

Die angebotenen Distraktoren werden von den Schülern angenommen; somit kann gefolgert werden, dass die Multiple-Choice-Aufgabe inklusive der Formulierung der Antworten den Kriterien einer guten Aufgabe entspricht. 20 von 40 Schülern nennen eine Stütze, die nach inhaltlichen und grammatikalischen Kriterien als eine solche gewertet werden kann. Aufgrund welcher Faktoren Aussagen nicht gestützt werden, ist an dieser Stelle nicht zu beantworten. Mögliche Faktoren sind eine fehlende Bewusstheit der Notwendigkeit einer Stütze, fehlende fachliche Kenntnisse und eine fehlende Motivation einer Stütze.

20 Schüler nennen eine Stütze, wobei diese auf verschiedene Weisen realisiert werden. Auffällig ist, dass besonders bei Antwort A und B sowie einmal bei Antwort C auf die Brownsche Molekularbewegung referiert wird. Bei Antwort B und C ist dieses problematisch, da ein Konzept auf einen unpassenden Kontext angewendet wird. Im Sinne der beschriebenen Definition kann die Brownsche Molekularbewegung als thermische Bewegung als fachlich anerkannte Stütze anerkannt werden. Bei Antwort D ist auffällig, dass drei Schüler Sauerstoffteilchen als Träger beschreiben, durch die Eugenolmoleküle in die Gasphase getragen werden. Den Schülern scheint an dieser Stelle nicht bewusst zu sein, dass jeder Stoff in allen Aggregatzuständen vorliegen kann, ohne dass ein gasförmiger Stoff als „Trägerstoff" beteiligt ist. Insgesamt sind die unterschiedlichen Stützen zumeist konsistent mit den aus der Literatur bekannten Vorstellungen. Die Schüler, die die richtige Antwort angekreuzt haben, stützen diese nicht unbedingt und scheinen nur teilweise von dieser überzeugt.

Diese beschriebenen Ergebnisse sprechen für das Vorhandensein verschiedener Schülervorstellungen und damit für die Bedeutsamkeit der Thematisierung solch elementarer Inhalte. Dies wird gestützt durch die Tatsache, dass auch mit „sehr gut" bewertete Schüler fachlich nicht anerkannte Vorstellungen zu diesem grundlegenden Fachinhalt des Verdampfens besitzen.

6.1.3 Veränderung von Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang

KF-2 ***Durch Bewusstmachung sowie durch über Lernimpulse unterstützte Aushandlung können Schülervorstellungen verändert werden.***

KF-2.1 Wie viele Schüler gelangen am Ende zur fachlich anerkannten/nicht anerkannten Antwort? Wie viele ändern ihren Standpunkt?

i) individuell

ii) gruppenspezifisch

iii) Gelangen die Gruppen zu einer einstimmigen Entscheidung?

Am Ende gelangen 36 von 40 Schülern zur Antwort A und damit zur fachlich anerkannten. Die Wechsel der Schüler sind über den Vorher-Nachher-Vergleich in Tabelle 25 verdeutlicht.

Die 14 Schüler mit der fachlich anerkannten Antwort bleiben auch bei dieser. Die 14 fachlich anerkannten Antworten waren so auf die Gruppen verteilt, dass sie gar nicht bis hin zu drei mal in jeder Gruppe vertreten waren. Von nicht anerkannter zu anerkannter Antwort gelangte der größte Teil, nämlich 22 Schüler.

Tab. 25: Anzahl der Wechsel der Antworten vor und nach der Gruppenarbeit

Angekreuzte Antworten; vorher - nachher	Schüler der Videogruppen	Schüler aller Gruppen
anerkannt - anerkannt	14	22
anerkannt - nicht anerkannt	0	1
nicht anerkannt - anerkannt	22	31
nicht anerkannt - nicht anerkannt	4	7

Die vier Schüler mit der Kombination *nicht anerkannt - nicht anerkannt* bildeten eine Gruppe mit der Besonderheit, keinen Vertreter von Antwort A zu haben. Sie bestand aus der Zusammensetzung B, C, D, D und einigte sich am Ende auf Antwort C. Der Diskussionsprozess verlief überdurchschnittlich lange und war geprägt von mehreren Festlegungen auf eine Antwort, die jedoch stetig wieder verworfen wurden. Die letztendliche Antwort C wurde von allen vertreten und auch jeweils im abschließenden Reflexionsbogen als Wahl angegeben.
Die Besonderheit der fehlenden fachlich anerkannten Antwort bestand auch in einer zweiten Gruppe. Dieser gelang es jedoch mit Hilfe der Lernimpulse, sich das Konzept der Antwort A zu erarbeiten und sich auf dieses zu einigen.

KF-2.2 (Wie) Stützen Schüler während der Einigung ihre getroffene Wahl?
i) individuell
ii) gruppenspezifisch

Nachdem die Schüler die Lernimpulse 1 bis 5 bearbeitet haben, in denen es primär um den Ausschluss bestimmter Antworten geht, wird in Lernimpuls 6 eine Einigung gefordert. Diese Einigung impliziert eine Stütze der gewählten Antwort. Die Frage zielt darauf ab, ob Schüler überhaupt ihre Vorstellung am Ende stützen und wenn ja, wie sie dieses realisieren. Tabelle 26 fasst die Stützen stichwortartig zusammen. Bei längeren Gesprächen wird die Chronologie der Aussagen durch Ziffern verdeutlicht. Werden Argumente gemeinsam erarbeitet, so werden sie durch gleiche Ziffern gekennzeichnet. Einige Schüler äußerten sich erst in den Lernimpulsen 7 und 8 zu der Wahl; diese Aussagen werden einbezogen, wenn sie eindeutig auf die Wahl der Antwort und nicht auf die eigentliche Aufgabe des Lernimpulses bezogen sind. Um sie von der Einigung in Lernimpuls 6 abzugrenzen, werden sie grau (LI 7) bzw. kursiv (LI 8) gedruckt. Die Kategorie *Ausschlussverfahren* wird angewendet, wenn die Schüler beschreiben, dass alle Antworten außer der letztendlich gewählten ausgeschlossen wurden.

Tab. 26: Stützen der am Ende gewählten Antwort

Gruppe	Antwort am Ende	Schüler	Stütze
Schl1	A	C115	1. Lernimpuls 3 6. Stoßen aneinander, prallen ab → Duft breitet sich aus
		C106	2. Zustimmung Lernimpuls 3 4. Brownsche Molekularbewegung
		C105	3. Brownsche Molekularbewegung 5. Brownsche Molekularbewegung: höhere Temperatur → höhere Teilchenbewegung
		C112	-
Schl2	A	C120	-
		C128	-
		C129	1. Ausschlussverfahren
		C104	2. Ausschlussverfahren
Schl3	C	C121	2. Lernimpuls 4: Wasser wird weniger → gleicher Vorgang bei Eugenol → C ist richtig
		C123	1. Ausschlussverfahren → B ist richtig
		C107	-
		C113	-
Schl4	A	C119	2. Zustimmung Ausschlussverfahren
		C132	3. Zustimmung Ausschlussverfahren 4. Brownsche Molekularbewegung
		C127	1. Ausschlussverfahren 5. Brownsche Molekularbewegung
		C126	-
LFS1	A	LH14	-
		EN12	1. Ausschlussverfahren 2. Brownsche Molekularbewegung
		AS57	1. Ausschlussverfahren
		EE28	-
LFS2	A	AE31	2. Alles spricht für A; 4. Zustimmung: Nichts spricht gegen A
		NH77	1. Ausschlussverfahren; 3. Nichts spricht gegen A
		HY42	-
		DE12	-

Gruppe	Antwort am Ende	Schüler	Stütze
LFS3	A	UT31	-
		EB98	2. Zustimmung: Alles spricht für A
		IM59	1. Alles spricht für A; *3. A wurde immer bewiesen; 5. Ausschlussverfahren*
		AR09	2. Zustimmung: Alles spricht für A; *4. Verneinung des Beweises: A wurde nie entkräftet*
LFS4	A	RV98	*1. Ausschlussverfahren*
		EK91	-
		EN40	-
		OL53	*2. Zustimmung Ausschlussverfahren*
LFS4	A	RV98	*1. Ausschlussverfahren*
		EK91	-
		EN40	-
		OL53	*2. Zustimmung: Ausschlussverfahren*
KLS3	A	IM23	1. Ausschlussverfahren
		AL61	3. Zustimmung: Ausschlussverfahren
		AR12	4. Ausschlussverfahren
		HE61	2. Zustimmung: Ausschlussverfahren
KLS5	A	EE70	-
		EA35	-
		OC61	-
		IL45	Drei Schüler für A, also A

Legende:
Normale Schrift: In Lernimpuls 1 bis 6 geäußerte Stützen
Graue Schrift: In Lernimpuls 7 geäußerte Stützen
Kursive Schrift: In Lernimpuls 8 geäußerte Stützen
Nummerierung: Reihenfolge der innerhalb einer Gruppe geäußerten Stützen

Individuell

16 Schüler äußern *keine Stütze* der letztendlich gewählten Antwort. 15 Schüler nennen das *Ausschlussverfahren* als Stütze für die letztendliche Wahl bzw. stimmen einem Gruppenmitglied zu, das das Ausschlussverfahren nennt. Von diesen beschreibt Schüler C104 das Ausschlussverfahren erst in Lernimpuls 7, nachdem ein Schüler sich erkundigt hat, wieso seine Antwort falsch sei. Er benennt dabei explizit, dass beim Verdampfen sich die Abstände der Atome zueinander nicht verändern, sich keine Moleküle spalten und keine Reaktion stattfindet. Schüler AR09 und IM50 benennen das Ausschlussverfahren erst in

Lernimpuls 8, nachdem sie zuvor die Stütze, dass alles für A spreche, genannt hatten. Neben diesen beiden Schülern benennt ein dritter das Argument „*Alles spricht für A*“. Inwieweit mit dieser positiv formulierten Aussage das Ausschlussverfahren impliziert ist, kann nicht beurteilt werden. Ein Schüler nennt das Argument der *Mehrheitsentscheidung*: Die Gruppe entscheidet sich für A, da drei von vier Gruppenmitgliedern für A sind.

Sieben Schüler nennen eine *inhaltliche Stütze*. Drei dieser Schüler gehören der Gruppe Schl1 an, in der kein Argument wie das Ausschlussverfahren genannt wird. Nach anfänglichem Bezug zu Lernimpuls 3 - dessen eigentliche Intention war, Antwort B zu schwächen und nicht explizit, Antwort A zu stärken - wird als Ursache des Verdampfens die Brownsche Molekularbewegung genannt. Schüler C115 führt an, dass die Teilchen aneinanderprallen und sich der Duft so verbreite. Diese beiden Konzepte vereint Schüler C105 in der abschließenden Stütze, dass die Brownsche Molekularbewegung herrsche und sich aufgrund der höheren Temperatur die Teilchen schneller bewegen würden. C132, C127 und EN12 benennen die Brownschen Molekularbewegung als Stütze, ohne diese, wie in Schl1 geschehen, weiter auszuführen.

Ein Schüler (C121) benennt den in Lernimpuls 5 erarbeiteten Vorgang als analog zum Verdampfen von Eugenol. Da die Gruppe beim Verdampfen von Wasser als Spaltung schlussfolgert, dass die Wassermenge im Topf geringer wird - und somit nicht, wie eigentlich intendiert, eine Knallgasreaktion nennt -, ziehen sie die Analogie zum Verdampfen von Eugenol und enden bei Antwort C als gemeinsame Lösung. Das Besondere an dieser Entscheidung, die in Lernimpuls 7 fällt, ist, dass sie einer vorher getroffenen Entscheidung aus Lernimpuls 6 widerspricht, in der aufgrund des Ausschlussverfahrens Antwort B gewählt wurde.

Gruppenspezifisch

Zwei der zehn Gruppen nennen nicht das Ausschlussverfahren als Stütze, sondern inhaltliche Aspekte (Schl1) bzw. eine Mehrheitsentscheidung (KLS5).

Fünf Gruppen benennen direkt das Ausschlussverfahren als Stütze (Schl1, Schl3, Schl4, KLS3, LFS1, LFS2). Von diesen Gruppen widerspricht Schl3 im weiteren Verlauf der Stütze implizit, indem sie sich für eine scheinbar ausgeschlossene Antwort entscheidet. In LFS2 wird die Bedeutung des Ausschlussverfahrens von NH77 näher erläutert, nachdem Schüler AE31 diesem zwar zugestimmt, aber hinzugefügt hat, dass alles für A spreche. NH77 greift diese Aussage auf und korrigiert sie, indem er sagt, dass nichts *gegen* A spreche; Schüler AE31 stimmt dieser Korrektur zu.

Drei Gruppen erarbeiten das Ausschlussverfahren im Laufe des Gesprächs. Ähnlich zu Gruppe LFS2 verläuft die Diskussion in Gruppe LFS3: Nach anfänglicher Feststellung bzw. Zustimmung, dass alles für A spreche (IM59, EB98 und AR09), konkretisiert IM59 seine Aussage in Lernimpuls 8, indem er sagt, dass A bewiesen sei. AR09, der anfangs zugestimmt hat, dass alles für A spreche, widerspricht der Aussage: A sei nicht bewiesen, son-

dern nie entkräftet worden. IM59, der die These des Beweises aufgestellt hat, greift diesen Gedankengang auf und benennt das Ausschlussverfahren als Stütze für A. In dieser Gruppe wird diese Diskussion durch Lernimpuls 8 erneut aufgenommen. Dieser Beobachtung entspricht auch Gruppe LFS4, die während der eigentlichen Einigungsphase keine Stütze nennt, sondern erst in Lernimpuls 8 nach Klärung der Frage diese Erkenntnisse auf das Vorgehen der Doppelstunde überträgt. Hierfür benennt RV98 konkret die ausgeschlossenen Antworten und wird durch Schüler OL53 gestützt, der die Lernimpulse benennt, die zum Ausschluss bestimmter Antworten geführt haben.

Zwischenfazit

Lediglich etwa die Hälfte aller Schüler benennen eine Stütze ihrer Wahl. Diese auf den ersten Blick gering erscheinende Anzahl kann mit der Griceschen Gesprächsmaxime der Quantität begründet werden (Grice 1975). Eine bereits gestützte Aussage kann nach dieser als bekannt - und, wenn nicht widersprochen wird, als anerkannt - angesehen werden. Eine allseitige Zustimmung würde keiner Gesprächsmaxime widersprechen, jedoch ist sie nicht notwendig, um das Gespräch fortzuführen. In Hinblick auf die Äußerungen der Gruppen kann entsprechend ein positiveres Bild gezogen werden: In allen Gruppen wird die Wahl der letztendlichen Antwort gestützt. Dieses geschieht häufig anhand des Arguments des Ausschlussverfahrens sowie über inhaltliche Aspekte. Dass die inhaltlichen Aspekte weniger häufig genannt werden, liegt vermutlich in der Konzeption an sich begründet: Den Schülern wird ermöglicht, mithilfe verschiedener Lernimpulse Auswahlantworten zu stärken oder zu schwächen, wobei der Schwerpunkt - analog zu einer Vorgehensweise in den Naturwissenschaften - klar auf der Schwächung von Thesen liegt. Entsprechend ist es wenig wahrscheinlich, dass Schüler auf Basis fachlicher Aspekte direkt *für* Auswahlantwort A argumentieren, sondern, wie hier eingetreten, über den Weg der Schwächung der fachlich nicht anerkannten Antworten.

Die inhaltlichen Stützen, die genannt werden, beziehen sich zumeist auf eine höhere Teilchenbewegung, teilweise konkretisiert über die Brownsche Molekularbewegung. Dieser chemische Aspekt wird in den Lernimpulsen nicht thematisiert, sondern wird von den Schülern selbst eingebracht. Somit kann geschlussfolgert werden, dass Schüler bereits bestehendes Wissen in die Diskussion einbringen und dieses mit den neu gewonnen Erkenntnissen verknüpfen.

KF-2.3 Schüler, die von einer nicht anerkannten zur anerkannten Antwort wechseln:

i) Stützen sie die Antwort A fachlich anerkannt?

ii) Scheinen sie am Ende von Antwort A überzeugt?

Wie bereits in KF-2.2 beschrieben, ist die Beantwortung der Frage, ob Schüler am Ende eine Antwort stützen, schwierig, da sich nicht alle Schüler dazu äußern. Hinzu kommt die

Tatsache, dass die Argumente, die während der Kleingruppenarbeit geäußert werden, am Ende nicht wiederholt werden. Für die Beantwortung der vorliegenden zwei Subfragen wurden daher die Kodiersysteme (vgl. Anhang, Tab. IV bis VIII) stärker zusammengefasst und nur Aussagen für oder gegen Antworten in Form der Kodierungen +Y bzw. -Y aufgelistet (Tab. 27). Die Intention war, einen schnellen Überblick über Aussagen mit fachlich anerkannten Stützen vs. Aussagen ohne bzw. fachlich nicht anerkannter Stützen zu geben. Schwarz gedruckt sind Aussagen mit fachlich anerkannten Stützen; grau gedruckt sind Aussagen mit fehlender bzw. nicht anerkannter Stütze. Wiederholende Aussagen werden nur einmal aufgenommen. Bei Schülern, die eigenständig den Argumentationsbogen ausfüllen, sich jedoch nicht äußern, wurde die Aussage des Argumentationsbogens übernommen. Die Spalte *Level* beschreibt das Niveau der genannten Stützen, kodiert über den Kodierleitfaden in Tabelle 28.

Tab. 27: Behauptungen und Stützen

Gruppe	Schüler	Antwort zu Beginn	genannte Behauptungen/Argumente	Level
Schl1	C115	D	-D +D **-D** -C +C **-D** +A **+A**	3
	C112	B	+B -C -C **+A** +B	1
	C106	D	+D -D +A -C **+A -D +A**	3
	C105	C	+C +B +C **+A +A**	1
Schl2	C120	C	+C +C -B **-D -C** +C +A +C **-C**	0
	C128	D	-D +D +A +D -D -B -C **-D** +D -D +A	0
	C129	D	+D -D -D -B -C -B **-D** +D -D **+A -C**	4
Schl4	C132	B	+B +A +B **-B -D** (Arg.bogen) **-C** (Arg.bogen) **+A**	4
	C127	D	-D +A -B **-D** +A **-B -D -C +A**	4
	C126	C	-C +C +C +A +B +C -D +A +A	0
KLS3	IM23	B	+B -A +A +A +B +C **+A -D** +A +B +C +D **-B -C +A**	4
	HE61	D	+D **-B -C -D -C +A**	4
KLS5	OC61	B	+B +B -B +B (Arg.bogen) -C **-D** +B -B **-C** +A	0
	IL45	C	+C **-C** -B +A +B -C **-D** +A -B **-D** +A	0
LFS1	AS57	D	+D +D **-B -D -C +A**	4
	EE28	B	+B +B **-B** +A -C -D **-C -C +A**	4
LFS2	NH77	D	+D **-D** +A +B +D -C **-D** +A +B +C **-B -C -D -D -C** +A +B +A +B **-C** +D **+A**	4
	DE12	B	+B +A +A +B **-D** +C **-B -D** +A	0
LFS3	UT31	D	+D +D +D -B +C +A	0
	EB98	B	+B -C +B -B +A +B +C **-D** -B -C **-D** +A **-C** +A +B +C **-C +A**	2

Gruppe	Schüler	Antwort zu Beginn	genannte Behauptungen/Argumente	Level
LFS4	RV98	B	+A +B +A +B **+A** +B **+A** +B **+A** -B +D +C -D +C **-C** +B -C -D+A +B -B +A +B -B **+A**	4
	EK91	B	+A +B	0

Legende
Beispiel:
-D: Schüler spricht sich gegen Antwort A aus.
+D: Schüler spricht sich für Antwort D aus.
Fettschrift: Behauptung für oder gegen Antwort wird durch eine Stütze ergänzt.
graue Schrift: Behauptung für oder gegen Antwort wird nicht durch eine Stütze ergänzt.

Tab. 28: Kodierleitfaden_Stützungslevel

Hinweise:
Als fachlich anerkannte Stütze gilt neben inhaltlichen Aspekten auch das Ausschlussverfahren.
Um dem Level 4 zu entsprechen, müssen alle genannten Unterpunkte erfüllt sein; fehlt einer der geforderten Bestandteile, wird das minimale Level kodiert. (Bsp.: Schüler C126 erhält Kodierung „Level 0“, da ihm die Stütze der fachlich anerkannten Antwort fehlt, obwohl er zwei Antworten gestützt ausschließt.)
Die Stützen müssen nicht von dem Schüler genannt werden, sondern können über eine Zustimmung zu der gestützten Aussage eines Mitschülers realisiert werden.
Indizien, die in Lernimpuls 7 mit einem x kodiert wurden, können hier als +A übernommen werden.

Level	Indiz
0	Keine fachlich anerkannte Stütze der fachlich anerkannten Antwort. Bsp.: UT31 mit +D +D +D -B +C +A
1	Fachlich anerkannte Stütze der fachlich anerkannten Antwort Bsp.: C112 mit +B -C -C **+A** +B
2	Fachlich anerkannte Stütze der fachlich anerkannten Antwort sowie gestützte Aussage gegen mindestens eine fachlich nicht anerkannte und anfangs nicht gewählte Antwort. Bsp.: EB98 mit +B -C +B -B +A +B +C **-D** -B -C **-D** +A **-C** +A +B +C **-C +A**
3	Fachlich anerkannte Stütze der fachlich anerkannten Antwort, gestützte Aussage gegen die ursprüngliche, fachlich nicht anerkannte Antwort. Bsp.: C115 mit -D +D **-D** -C +C -D +A **+A**
4	Fachlich anerkannte Stütze der fachlich anerkannten Antwort, gestützte Aussage gegen mindestens eine fachlich nicht anerkannte und anfangs nicht gewählte Antwort sowie gestützte Aussage gegen die ursprüngliche, fachlich nicht anerkannte Antwort. Bsp.: HE61 mit +D **-B -C -D -C +A**

Als Hinweis auf die Fähigkeit der richtigen Stütze dienen hier die Aussagen der Schüler während der Gruppenarbeit. Somit gilt das Nennen oder eigenständige Aufschreiben ei-

ner fachlich anerkannten Stütze bzw. des Ausschlussverfahrens in Bezug auf Antwort A als notwendiger Hinweis auf die Fähigkeit des anerkannten Stützens.

Level 0

Acht Schüler geben diesen Hinweis der gestützten Wahl von Antwort A nicht, sodass sie in Level 0 eingestuft wurden. Die relativ hohe Anzahl der Schüler ist darauf zurückzuführen, dass sie nicht explizit die Stütze für A nennen; das bedeutet nicht, dass sie nicht dennoch fachlich anerkannte Stützen gegen andere Antworten nennen oder sich für Antwort A aussprechen. So tritt beispielsweise die Besonderheit bei Schülern C120, C128, IL45 und DE12 auf, dass sie ihre eigene sowie eine weitere fachlich nicht anerkannte Antwort gestützt widerlegen, jedoch trotzdem auf Level 0 kategorisiert wurden. Aus den genannten Widerlegungen kann nicht geschlossen werden, dass sie die anerkannte Antwort stützen können.

Schüler OC61 spricht sich anfangs häufig für die gewählte Antwort B aus; im weiteren Verlauf widerlegt er gestützt Antworten C und D und fasst am Ende des Lernimpulses 6 zusammen, dass Antwort A „richtig“ und B, C und D „falsch“ seien. Trotz dieser Aussage fragt er im späteren Lernimpuls, ob die Aussage bewiesen sei bzw. was dafür spreche. Dies deutet darauf hin, dass das Konzept des Ausschlussverfahrens nicht präsent ist.

Schüler C126 und UT31 sprechen sich vergleichsweise häufig *für* Auswahlantworten aus. Schüler C126 spricht sich anfangs gegen seine Auswahlantwort aus und stützt dieses damit, sich verlesen zu haben. Dennoch argumentiert er im Folgenden weiterhin unter anderem für diese Antwort. Antwort D schließt er aus, ohne jedoch eine Stütze zu nennen oder eine Stütze von seinen Gruppenmitgliedern gehört zu haben. Lediglich gegen Antwort B gibt er eine Stütze, die jedoch fachlich nicht anerkannt ist.

Schüler EK91 beteiligt sich im Vergleich zu seinen Gruppenmitgliedern sehr wenig am Gespräch. Er gibt zu Beginn des Gesprächs an, dass A oder B stimmen müsste, beteiligt sich jedoch ab Lernimpuls 3 gar nicht mehr. (Im Reflexionsbogen gibt er die Antwort A als die Antwort an, die er nach der Gruppenarbeit für fachlich anerkannt hält, sodass er auch in die Gruppe der Schüler einsortiert wurde, die von fachlich nicht anerkannter Antwort zu fachlich anerkannter Antwort wechselten.)

Level 1

Level 1 entsprechen die zwei Schüler C112 und C105. Schüler C112 hat Antwort B angekreuzt und benennt diese auch zu Beginn des Gesprächs als seine Wahl; über seine Zeichnung sowie seine Aussagen während der Gruppenarbeiten wird zu Beginn nicht deutlich, ob er auf das Konzept aus Antwort A oder Antwort B referiert, da er lediglich von „die“ (Teilchen? Atome? Moleküle?) und „der“ (Duft?) spricht, die/der sich durch die Hitze verteilen/verteilt. Aus seinen weiteren Aussagen während des Gesprächs wird deutlich, dass er sich auf Moleküle bezieht, die sich während des Verdampfens weiter voneinander ent-

fernen. Aufgrund seiner anfänglichen Antwort B auf dem Aufgabenzettel sowie der Nennung während der Gruppenarbeit wurden seine ersten Aussagen in Bezug auf B kodiert. Am Ende der Gruppenarbeit stimmt der Schüler der Argumentation zu, dass es die Moleküle sind, die sich während des Verdampfens weiter voneinander entfernen und dass es auf die Brownsche Molekularbewegung sowie die vermehrten Zusammenstöße zurückzuführen sei. Erst ganz zum Schluss spricht er sich - unter Angabe, dass er es nicht stützen könne - für Antwort B aus. Aufgrund der Tatsache, dass er die meiste Zeit der Gruppenarbeit kontinuierlich für Antwort A argumentiert hat, wird diese Aussage als nicht sehr aussagekräftig gewertet.
Schüler C105 spricht sich während des Gesprächs für die Antworten A, B und C aus und stützt A und B mit der Brownschen Molekularbewegung bzw. allgemein mit stärkerer Teilchenbewegung. Auffällig ist hier, dass der Schüler sich nie *gegen* eine Antwort ausspricht.

Level 2
Schüler EB98 entspricht Level 2. Er widerlegt begründet zwei Antworten und spricht sich gestützt für A aus, widerlegt jedoch nicht fachlich anerkannt gestützt seine ursprüngliche Antwort. EB98 spricht sich sogar an vier Stellen für seine anfangs gewählte Antwort B sowie weiterhin für Antworten A und C aus. Erst ganz am Ende des Gesprächs in Lernimpuls 7 (Definition für eine Aggregatzustandsänderung) spricht er sich gestützt für Antwort A aus, indem er die vergrößerten Abstände der Moleküle ohne deren eigentliche Veränderung als Kennzeichen des Verdampfens von einer chemischen Reaktion als Bildung eines neuen Stoffes abgrenzt.

Level 3
Zu Level 3 gehören die Schüler C115 und C106. Sie gehören der gleichen Gruppe an wie Schüler C112 und C105 (Level 1), deren Aussagen durch die Referenz auf Teilchen- bzw. Brownsche Molekularbewegung geprägt waren. Auch C115 und C106 führen diese Stützen gegen Ende des Gesprächs an. Beiden gelingt es zudem an zwei Stellen, sich gestützt gegen die eigene ursprüngliche Antwort zu äußern.

Level 4
Mit neun von 22 Schülern bildet Level 4 die meist zugeordnete Kategorie der Schüler, die von einer fachlich nicht anerkannten zur anerkannten Antwort wechselten. Sie nennen eine Stütze für die fachlich anerkannte Antwort und widerlegen sowohl die eigene als auch eine weitere nicht anerkannte Antwort. Vier Schüler stützen ihre Wahl mit dem Ausschlussverfahren und beziehen somit nicht nur Antwort A, sondern indirekt die drei nicht anerkannten Antworten ein. Vier Schüler nennen das Ausschlussverfahren sowie eine inhaltliche Aussage als Stütze für Antwort A. Zwei dieser Schüler erläutern in Lernimpuls 7

(Definition einer Aggregatzustandsänderung) explizit die Aggregatzustandsänderung als räumliche Ausdehnung von Molekülen im Sinne größerer Abstände; Schüler HE61 ergänzt hier weiterhin die chemische Reaktion als neue Zusammensetzung kleiner Teilchen. Schüler IM23 nennt das Brechen von Wasserstoffbrückenbindungen und damit die Vergrößerung der Abstände als Vorgang während des Verdampfens von Eugenol. Schüler RV98 nennt als Stütze die höhere Teilchenbewegung. Eine Besonderheit bei Schüler RV98 ist, dass er direkt zu Beginn - ohne erkennbaren Einfluss seiner Mitschüler - seine Meinung zu Antwort A ändert; anschließend spricht er sich über das Gespräch hinweg mehrfach für jede einzelne Antwort aus, wobei jedoch sein Fokus auf seiner ursprünglichen Antwort B liegt. Erst am Ende stützt er Antwort A dadurch, dass Antworten C und D ausgeschlossen seien und bei Lernimpuls 3 Antwort A plausibler sei als Antwort B. Zwei Schüler stützen die Antwort A in Lernimpuls 7 ebenfalls über die Unterscheidung von Aggregatzustand und chemischer Reaktion: Der hier stattfindende Phasenübergang ist dadurch gekennzeichnet, dass die Moleküle gleich bleiben (OC61) und sich deren räumliche Differenz zueinander vergrößert (OC61, EE28). EE28 fügt die Unterscheidung von gleichem Stoff bei einem Aggregatzustandswechsel und der Bildung eines neuen Stoffes bzw. mehrerer neuer Stoffe hinzu.
Bei Schüler AS57 und HE61 ist hervorzuheben, dass sie - abgesehen von der anfänglichen Argumentation für Antwort D (AS57) - sich nur *gegen* Auswahlantworten aussprechen und diese dabei stets fachlich anerkannt stützen. Sie gelten damit in Bezug auf diesen Aspekt als Idealtypen der Argumentation, da über die Lernimpulse Antworten im engeren wissenschaftstheoretischen Sinne geschwächt und nicht gestärkt werden. Der von einigen Schülern gezogene Umkehrschluss, dass eine fehlende Schwächung als Stärkung ausgelegt werden kann, ist wissenschaftstheoretisch nicht gegeben; eher wird eine fehlende Schwächung als neutral angesehen bzw. so gesehen, dass keine Aussage über die entsprechende Antwort möglich ist. (Die gesetzten +Y-Kodierungen sind nicht von allen Schülern im Sinne einer Stärkung gesehen, sondern kennzeichnen die auch nach dem Lernimpuls bestehende Möglichkeit, dass diese Antwort fachlich anerkannt sein kann.)

zu ii) Scheinen sie am Ende von Antwort A überzeugt?

Die Datenaufbereitung bzw. -analyse ist in diesem Punkt abgegrenzt von der der Stützen. Die Stütze beinhaltet den Aspekt der fachlichen Richtigkeit, der in Bezug auf die Überzeugung nicht relevant ist, denn ein Schüler kann auch auf Basis fachlich nicht anerkannter oder nicht gegebener Stützen von einer Antwort überzeugt sein. Daher wurde ein weiterer Kodierleitfaden entwickelt, über den die Überzeugung der abschließenden Wahl beschrieben werden kann (Tab. 29). Lediglich für die Kategorie *Überzeugt* wird als eine Möglichkeit die Angabe einer Stütze gefordert, da sie als Indiz für die Überzeugung des Schülers angenommen wird.

Tab. 29: Kodierleitfaden_Überzeugung am Ende

Kategorie	Beschreibung der Kategorie
Überzeugt	*Definition* Der Schüler ist sich seiner Antwort sicher. *Indiz* Explizite Aussage für die fachlich anerkannte Antwort mit Nennung einer Stütze oder mit Ausschluss aller anderen Antworten oder als erste fachliche Aussage in Lernimpuls 6 (Einigung) sowie Aussage gegen die anfängliche fachlich nicht anerkannte Antwort. Die Aussage kann über die Zustimmung einer Aussage eines Mitschülers realisiert werden.
Eingeschränkt überzeugt	*Definition* Es wird nicht ersichtlich, ob sich ein Schüler seiner Antwort sicher ist. Es gibt Hinweise darauf, dass ein Schüler zwischen zwei Antworten schwankt, wobei er eine Antwort bevorzugt. *Indiz* Aussprache für die fachlich anerkannte Antwort, ohne dass die Bedingungen für Kategorie „Überzeugt“ erfüllt sind. Aussprache für die fachlich anerkannte sowie einer weiteren Antwort, wobei die fachlich anerkannte favorisiert wird.
Nicht überzeugt	*Definition* Der Schüler ist sich seiner Antwort nicht sicher. Der Schüler spricht sich für keine Antwort aus. *Indiz* Nennung von verschiedenen Antworten, die nach Meinung des Schüler möglich sind. Keine Nennung einer abschließenden Antwort.

Hinweis:
Die Kategorisierung erfolgt in der Kategorie *Überzeugt* auf formaler, in den Kategorien *Eingeschränkt überzeugt* und *Nicht überzeugt* auf primär pragmatischer Basis. Aufgrund dessen kann ein Fall den Kategorien *Überzeugt* (auf formaler Basis) und gleichzeitig *Eingeschränkt überzeugt* (auf pragmatischer) bzw. *Überzeugt* (auf formaler Basis) und *Nicht überzeugt* (auf pragmatischer Basis) entsprechen. Ist dies der Fall, so wird die pragmatische Analyse stärker gewichtet.

Der Kodierleitfaden kann in einem ersten Schritt auf die in Tabelle 27 (S. 148) beschriebenen Aussagen für oder gegen Antworten angewendet werden, muss jedoch durch das Kodiersystem bzw. die Transkripte ergänzt werden, um fachlich nicht anerkannte Stützen von fehlenden Stützen zu unterscheiden sowie um pragmatische Aspekte zu berücksichtigen, die in der stark verkürzten Darstellung in Tabelle 27 nicht erkennbar sind. Auf diese Weise ist es möglich, die letztendlichen Aussagen der Schüler unter teilweiser Berück-

sichtigung der fachlichen Angemessenheit in sichere und weniger sichere Aussagen zu kategorisieren (Tab. 30).

Tab. 30: Überzeugung am Ende

Kategorie	Schüler	Anzahl Schüler
Überzeugt	C115, C106, C129, C132, C127, IM23, HE61, OC61, IL45, AS57, EE28, NH77, DE12, EB98	14
Eingeschränkt überzeugt	C105, C128, C126, UT31, RV98	5
Nicht überzeugt	C112, C120, EK91	3

Die Mehrzahl der Schüler (14) ist sich nach dieser Kategorisierung sicher. Dabei sind es Schüler C132, C127, HE61, AS57 und NH77, die sowohl die fachlich anerkannte Antwort stützen als auch die Antworten B, C und D fachlich anerkannt gestützt ausschließen. Eine Besonderheit stellt Schüler IL45 dar, der die Antwort A nicht stützt, der sich jedoch direkt zu Beginn der Lernimpulses 6 (Einigung) für die Antwort A ausspricht.
Fünf Schüler wurden der Kategorie *Eingeschränkt überzeugt* zugeordnet. C105 und RV98 sprechen sich fachlich gestützt für A aus, ihnen gelingt jedoch die gestützte Widerlegung ihrer ursprünglichen Antwort nicht. Schüler RV98 entspricht weiterhin der Kategorie *Eingeschränkt überzeugt*, da er bis zum Ende zwischen den Antworten A und B schwankt und noch während der Aufgabe, sich auf eine Auswahlantwort zu einigen (LI 6), von der anfänglichen Aussage für A zu B wechselt. Er äußert, dass sie sich lediglich auf A einigen können, da Lernimpuls 3 mehr für A gesprochen habe. In Lernimpuls 8 präferiert er deutlich A vor B, sodass die Kategorisierung zu *Eingeschränkt überzeugt* gerechtfertigt ist. Schüler C128, C126 und UT31 sprechen sich zwar für Antwort A aus, stützen diese jedoch nicht und widerlegen auch nicht gestützt Antworten B, C und D.
Nicht überzeugt scheinen die Schüler C112, C120 und EK91. Schüler C112 argumentiert zwar im Laufe der Kleingruppenarbeit häufig für Antwort A und nennt sie auch in Lernimpuls 6 als die Antwort, auf die man sich einigt, sagt jedoch kurz darauf, dass er dennoch für B sei. Eine Favorisierung von Antwort A ist hier nicht ersichtlich. Ebenfalls nicht überzeugt scheint Schüler C120. Er antwortet einem Mitschüler auf dessen Aussage, dass Antwort A richtig sei, mit „Ok“ (56:18), stellt jedoch kurz darauf die Frage, wieso seine Antwort (C) falsch sei. Dieses „Ok“ ist nicht unbedingt als Zustimmung im Sinne einer Verständnisäußerung zu deuten, sondern kann auch als reines Hinnehmen einer Antwort gedeutet werden. Aufgrund diverser Aussagen von C120, in denen er sich für Antwort C ausspricht, wird angenommen, dass sein „Ok“ nicht im Sinne einer zustimmenden Aussage für Antwort A gemeint ist, zumal er sich auch nach dieser Aussage für Antwort C ausspricht. Der Schüler einer anderen Gruppe, EK91, stellt den am wenigsten beteiligten Schüler dar. Nach anfänglicher Aussage für A und B beteiligt er sich ab Lernimpuls 3 nicht

mehr. Dies entspricht der Nennung mehrerer Antworten, sodass er der Kategorie *Nicht überzeugt* zugeordnet wird.

Stützungslevel und Überzeugung

Tabelle 31 stellt eine Übersicht aus Stützungslevel und Kodierung der Überzeugung dar.

Tab. 31: Stützungslevel und Überzeugung

	Schüler										
	C120	C128	C126	IL45	EK91	DE12	UT31	C112	C105	OC61	EB98
Stützungslevel	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
Überzeugung	-	o	o	+	-	+	o	-	o	+	+

	Schüler										
	C115	C106	C129	C132	C127	HE61	AS57	EE28	NH77	RV98	IM23
Stützungslevel	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Überzeugung	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	+

Legende:
+ = Überzeugt; o = Eingeschränkt überzeugt; - = Nicht überzeugt

Da die Kodierung der Überzeugung teilweise mit fachlich anerkannten Stützen einhergeht, ist es wahrscheinlich, dass (bei einer größeren Stichprobe) die Daten korrelieren. In der Tendenz steigt mit höherem Stützungslevel auch die Überzeugung. Ersichtlich wird hier aber auch, dass trotz geringstem Stützungslevel einige Schüler sich ihrer letztendlich gewählten Antwort sicher sind (IL45, DE12).

KF-2.4 Wie viele Schüler vertreten bei der zweiten Positionierung eine andere Position als die am Ende der Gruppenphase?

39 der 40 Schüler vertreten in dem Reflexionsbogen die gleiche Antwort wie die der Gruppe. Von EN40 liegt kein Reflexionsbogen vor. Entsprechend kann gefolgert werden, dass die Schüler sich nicht - trotz eigentlich anderen Standpunkts - der Gruppenmeinung anschließen oder sich nicht trauen, einen potentiell anderen Standpunkt zu vertreten.

KF-2.5 i) Wie viele Gruppen gelangen bei jedem Lernimpuls zur intendierten Lösung?
ii) Wie häufig werden dabei erwartete Argumente genannt?
iii) Welche (alternativen) Lernwege gehen die Schüler?

Die intendierte Lösung wird in Subfrage i) definiert als Schlussfolgerung in Form einer intendierten Bewertung der entsprechenden Auswahlantwort. Diese Betrachtung ge-

schieht unabhängig von der Nennung einer Stütze, da auch ohne Nennung bzw. mit fachlich nicht anerkannter Stütze der Ausschluss einer Antwort möglich ist. Erst in Subfrage ii) wird auf fachliche Anerkanntheit von Behauptung und Stütze fokussiert, die in ihrem gemeinsamen Auftreten als Argument definiert werden. Lernimpulse 1, 6, 7 und 8 sind Lernimpulse, die nicht auf eine konkrete Bewertung von Auswahlantworten anhand gegebener Impulse abzielten, sodass sie hier nicht thematisiert werden.
In Tabelle 32 werden die erwarten Argumente noch einmal aufgelistet.

Tab. 32: Erwartete Argumente pro Lernimpuls

Lernimpuls	Erwartete Argumente
2	Da im Ballon kein Sauerstoff ist und somit keine Reaktion stattfinden kann, bliebe das Volumen bei Antwort D gleich. Das Volumen vergrößert sich. Antwort D wird geschwächt, da sich das Volumen im Ballon vergrößert.
3	Der Duft einer Duftlampe ist nach einiger Zeit im ganzen Raum zu riechen. Damit der Duft Lisa erreicht, müssten die Moleküle so groß werden, dass sie durch das ganze Zimmer reichen. Dieses erscheint unwahrscheinlich. (Z. B., da die Bindungen extrem lang sein müssen oder da der Duft vom ganzen Molekül und nicht nur von einem Teil des Moleküls ausgelöst wird.) Antwort B wird geschwächt.
4	Kohlenstoffdioxid und Wasser sind geruchlos, Eugenol duftet nach Nelken. Wird Eugenol komplett zu Wasser und Kohlenstoffdioxid umgesetzt, wäre kein Duftstoff mehr vorhanden. Antwort D wird geschwächt. *Unter Umständen: Transfer auf Antwort C: Nach Spaltung wäre kein Duftstoff mehr vorhanden: Antwort C wird geschwächt*
5	Würden sich Moleküle beim Verdampfen spalten, so könnten beim Kochen von Wasser Wasserstoff und Sauerstoff entstehen. In Kontakt mit einer Flamme würde eine Explosion ausgelöst. Dieses geschieht nicht. Antwort C wird geschwächt.

Tabelle 33 gibt einen Überblick über das Erreichen der intendierten Lösung im Sinne einer Behauptung über die Stärkung/Schwächung einer Antwort sowie das Nennen der intendierten Stütze. Die Behauptung kann entweder als These *vor* der Stütze genannt oder als Schlussfolgerung *nach* Erlangen von neuen Erkenntnissen gezogen werden.
Die Gesamtzahl ist jeweils auf Gruppen, nicht auf einzelne Schüler, bezogen, wobei wiederholende Nennungen nicht gezählt wurden. Bei Lernimpuls 5 gibt es eine Gruppe, die lediglich Wasserstoff als entstehendes Gas angibt; diese Gruppe wird dennoch zu den erwarteten Argumenten gezählt.

Tab. 33: Stützen und Behauptungen

Gruppe		Lernimpuls 2/ Intendierte Lösung: -D	Lernimpuls 3/ Intendierte Lösung: -B	Lernimpuls 4/ Intendierte Lösung: -D / -C	Lernimpuls 5/ Intendierte Lösung: -C
Schl1	Stütze	+	-	+ / -	-
	Behauptung	+	-	+/ -	-
Schl2	Stütze	-	-	+ / -	+
	Behauptung	+	+ - (AB)	+/ -	+
Schl3	Stütze	-	-	- /-	-
	Behauptung	+	-	- /-	-
Schl4	Stütze	-	+	- / -	+
	Behauptung	+	+	+ / -	+
LFS1	Stütze	+	+	- / -	+
	Behauptung	+	+	+ / -	+
LFS2	Stütze	+	+	+ / +	+
	Behauptung	+	+	+ / +	+
LFS3	Stütze	+	-	+ / -	+
	Behauptung	+	+	+/ -	+
LFS4	Stütze	-	-	+ /-	+
	Behauptung	+	- (+)	+ / -	+
KLS3	Stütze	+	+	+ / -	+
	Behauptung	+	+	+/ -	+
KLS5	Stütze	-	-	- / -	+
	Behauptung	+	+	+ / -	+
gesamt	Stütze	5x +	4x +	6x +	8x +
	Behauptung	10x +	7x +	9x +	8x +

Legende:
+ = Nennung einer Stütze/Behauptung
- = Keine Nennung einer Stütze/Behauptung

Insgesamt kann festgehalten werden, dass bei Lernimpulsen 2, 3 und 4 die Behauptungen bzw. Schlussfolgerungen häufiger genannt werden als die intendierten Stützen. Dabei werden die Stützen zum Teil nicht, zum Teil in Form nicht anerkannter Stützen genannt. Auffällig ist, dass dennoch die intendierten Antworten ausgeschlossen werden. Eine mögliche Erklärung ist, dass den Schülern eine Stütze bekannt ist, diese jedoch nicht benannt wird.

Lernimpuls 2 stellt eine Besonderheit dar, da hier alle Schüler die intendierte Lösung des Ausschlusses von Antwort D erreichen; dagegen wird nur von fünf Gruppen die intendierte Stütze genannt.
Lernimpuls 3 stellt für die Schüler eine Herausforderung dar: Hier wird nur von sieben Gruppen die intendierte Lösung erreicht und diese weiterhin nur von vier Gruppen intendiert gestützt. Die besondere Schwierigkeit dieses Lernimpulses ist es, eine Vorstellung zu thematisieren, die kaum über ein bekanntes Phänomen wie eine Volumenzunahme (LI 2), Stoffeigenschaften (LI 4) oder eine bekannte Reaktion (LI 5) widerlegt werden kann. Die Widerlegung basiert eher auf einer geringen Wahrscheinlichkeit, dass Moleküle tatsächlich Raumgröße erreichen können. Ist Antwort B jedoch das vertretene Konzept, so widerspricht der Lernimpuls nicht, sondern scheint die Vorstellung unter Umständen sogar zu stärken.[40] Einen Hinweis darauf, wie abhängig die Bewertung vom bestehenden Konzept ist, zeigt Schl3: Hier wurde die Antwort im Gespräch von einem Schüler ausgeschlossen, im Argumentationsbogen von einem anderen jedoch als gestärkt vermerkt.
In Lernimpuls 4 gelangen neun Gruppen zur intendierten Lösung, wobei diese von sechs Gruppen intendiert gestützt wird. Ein erwartetes, jedoch nicht explizit intendiertes Argument wird zudem von Gruppe LFS2 genannt: Sie schließen über diesen Impuls ebenfalls Antwort C aus, da auch hier der Geruch nicht mehr bestehen würde. Diese Transferleistung ist an dieser Stelle besonders hervorzuheben. Lernimpuls 5 wird von acht Gruppen intendiert beantwortet und von diesen acht auch intendiert gestützt. Dieser Impuls scheint somit im Vergleich zu den anderen Impulsen weniger alternative Stützen zuzulassen bzw. eine stärkere Lenkung zu geben.
Die Intention der Lernimpulse, eine Balance aus Hilfestellung und Freiraum für eigene Gedanken zu geben, gelingt in den Impulsen 2, 4 und 5 in ausreichendem Maße. Lernimpuls 3 scheint nicht in allen Gruppen die intendierte Wirkung zu erzielen.

zu iii) Welche (alternativen) Lernwege gehen die Schüler?
zu iv) An welchen Stellen werden Konzeptentwicklungen deutlich?
zu v) Worauf nehmen die Schüler bei diesen Konzeptentwicklungen Bezug?
Die Beantwortung der Fragen iii), iv) und v) zielt auf die Beschreibung von Lernwegen sowie konkretisiert auf Konzeptentwicklungen. Eine reine Darstellung über eine Tabelle, in der über eine Verkürzung der Kodiersysteme lediglich Konzeptentwicklungen abgebildet sind, ermöglicht einen ersten und schnellen Überblick über Lernverläufe. Diese Darstellung alleine erscheint jedoch der Komplexität der gegangenen Wege nicht gerecht zu werden, sodass eine ausführliche Beschreibung unter Fokussierung wichtiger Aspekte angestrebt wird. Diese Beschreibung wird ergänzt durch Herausarbeitung von impliziten

40 Von einer späteren Veränderung des Impulses wurde abgesehen, da in dieser Variante die einzige Möglichkeit gesehen wurde, die Vorstellung über eine Art Phänomen zu thematisieren; von einer Thematisierung über beispielsweise die Nennung von Bindungslängen wurde abgesehen, da dieses als zu starke Lenkung gesehen wurde.

oder expliziten Hinweisen auf Konzeptentwicklungsprozesse. Für die Beantwortung der Fragen iv) und v) wird direkt auf das entsprechende Kodiersystem zurückgegriffen, in welchem Konzeptentwicklungen bereits kodiert wurden. Die *explizite* Konzeptentwicklung wird von Schülern direkt geäußert, beispielsweise durch die Schlussfolgerung, dass die eigene Antwort widerlegt sei. Die *implizite* Konzeptentwicklung bedeutet, dass nahegelegt werden kann, dass eine Konzeptentwicklung stattfindet, dieses jedoch nicht explizit geäußert wird. Im Zuge der Beschreibung wird weiterhin versucht, die von den Schülern verwendeten Bezüge als Ursache einer Konzeptentwicklung darzustellen. Die verwendeten Abkürzungen in den Tabellen 35 bis 44 sind in Tabelle 34 zusammengefasst. Für eine ausführliche Erläuterung sei auf den Kodierleitfaden im Anhang, Tabelle VI, verwiesen.

Tab. 34: Auszug aus Kodierleitfaden_Kennzeichnung der Konzeptentwicklungen

Kodierung	Beschreibung
E	*Explizite Konzeptentwicklung* Äußerungen oder Verschriftlichung, die das Ablehnen seiner bisherigen Antwort und/ oder das Annehmen einer anderen Antwort signalisieren.
I	*Implizite Konzeptentwicklung* Äußerungen oder Verschriftlichung, über die ein Wechsel der ursprünglichen Meinung nahegelegt werden kann. Argumentationen (mündlich oder schriftlich), die eine ursprüngliche Antwort schwächen oder eine andere Antwort stärken, ohne dass ein Meinungswechsel explizit geäußert wird. Grenze: i) Argumente oder Schlussfolgerungen aus einem Lernimpuls, aus denen man nicht auf eine Konzeptentwicklung schließen kann Bsp.: „Also muss es entweder A, B oder C sein." (AR12, 13:59)
R	Rückkehr zur ursprünglichen Antwort
rE/rI	Revision einer Konzeptentwicklung

Hinweise:
1) Wird eine Aussage wiederholt, so wird sie nicht erneut kodiert. Eine neue Kodierung erfolgt erst bei Nennung eines vorher nicht genannten Aspekts.
2) Konzepte können nebeneinander bestehen bleiben. Daher heißt die Kodierung einer neuen Antwort nicht, dass die alte damit abgelegt wird.

Beschreibung der Gruppe Schl1

Tab. 35: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe Schl1)

Lernimpuls	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				Bezug
	C115 (D)	C112 (B)	C106 (D)	C105 (C)	
1	E				Selbst
1				E	Selbst
1				E	Selbst
1	R				Selbst
2	I				Lernimpuls
2			E		Lernimpuls/Gespräch
2			I		Lernimpuls/Gespräch
2	E				Lernimpuls
2			E		Gespräch
4	I				Lernimpuls
4	E				Lernimpuls
4			E		Lernimpuls/Gespräch
6	E				-
6			E		-
7			E		-
7		E			-
7		R			-

Hinweis: Kodierung der Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

Bereits in *Lernimpuls 1* werden in dieser Gruppe Konzeptentwicklungen deutlich: Schüler C115 hat Antwort D gewählt, sieht diese jedoch selbst als „unlogisch“ (06:48) an, ohne es weiter zu begründen (**E, Selbst**). Er beschreibt dennoch im weiteren Verlauf seine Antwort, ohne eine explizite Stütze zu nennen (**R, Selbst**). Auch C105 ändert seinen Standpunkt eigenständig und benennt Antwort B, statt seiner ursprünglichen Antwort C, als fachlich anerkannt (**E, Selbst**) und begründet dies mit der Brownschen Molekularbewegung. Diese Aussagen zeigen, dass bereits über das Zeichnen und einhergehende Reflektieren der Vorstellung eine Konzeptentwicklung angeregt werden kann. Der Lernimpuls verläuft dahingehend nicht nach Intention, als dass die Schüler ihre verschiedenen Vorstellungen hier nicht hinterfragen und diskutieren, sondern diese und auch eine Veränderung der Standpunkte hinnehmen.

Die Schüler haben die Spalten des Argumentationsbogens falsch verstanden und nennen in den Spalten „Spricht für/gegen Auswahlantwort“ nicht die Buchstaben der Antworten, sondern erneut eine Beschreibung. So gelangen sie zu Zirkelschlüssen wie „Argument: Sauerstoff verbindet sich mit den Eugenolmolekülen, sodass es sich im Raum besser verteilt.“ „Spricht für Auswahlantwort: Dass Sauerstoff für die Verteilung zuständig ist.“

In *Lernimpuls 2* schreiben die Schüler nicht zuerst die Thesen auf, sondern führen direkt den Versuch durch. Anschließend benennen Schüler C115 und C106, die Antwort D gewählt hatten, die Antwort als geschwächt, da kein Sauerstoff im Ballon enthalten sei (**C115: I, Lernimpuls,** später **E, Lernimpuls**; C106: **E, Lernimpuls**). In der Frage, ob Antwort C durch diesen Versuch gestärkt oder geschwächt wird, werden kurzzeitig verschiedene Standpunkte eingenommen, ohne diese klar und mit einem Ergebnis auszudiskutieren. Nach kurzer Wiederholung der Stützen gegen Antwort D entwickelt sich eine Diskussion, ob sich Moleküle nach einer Spaltung erneut verbinden könnten; dafür werden Analogien wie Seifenblasen oder zerbrochene Steine benannt. Die Diskussion endet ohne Ergebnis. Statt dessen schwenkt die Diskussion um zu Antwort A, die die Schüler über diesen Impuls gestärkt sehen. Eine Besonderheit hier ist, dass die Schüler stets Antwort A beschreiben, diese jedoch als Antwort B benennen. Da die Beschreibung von Antwort A jedoch konsequent und von mehreren Schülern erfolgt, wird angenommen, dass tatsächlich das Konzept der Antwort A diskutiert und lediglich falsch benannt wird. Schüler C106 stellt nach gemeinsamer Erarbeitung der Schlussfolgerung mit C105, dass Antwort A gestärkt werde, bereits die Frage, ob es also Antwort A (als fachlich anerkannte) sei. Kurz darauf beantwortet er seine Frage selbst, indem er feststellt, dass C112 mit Antwort A Recht gehabt habe (**E, Gespräch**). Erst ganz am Ende des Lernimpulses greift C112 erneut die Frage um Antwort C (Spaltung sowie erneutes Zusammensetzen der Teilchen) auf. Schüler C106 nimmt die Überlegung wie folgt in den Argumentationsbogen auf: „Argument: Durch die Erhitzung können sich Moleküle spalten, aber die Moleküle können ohne Wärme nicht zusammen gehen.“, „Spricht für Auswahlantwort: Teilung.“, „Spricht gegen Auswahlantwort: Ballon.“ An dieser Stelle wird das Missverstehen des Argumentationsbogens erneut deutlich: Statt Argumente für oder gegen Auswahlantworten zu generieren, sehen sie - nach Aussage des Argumentationsbogens - das Ergebnis des Versuchs geschwächt. Dieses Phänomen zusammen mit der Tatsache, dass die Schüler Antwort A beschreiben, jedoch stets als Antwort B benennen, dient als Hinweis, dass in dieser Gruppe die Schüler die gegebenen Informationen sowie Hilfsmittel nicht richtig lesen. Ob dies an Faktoren wie Interesse, fachlichem Verstehen oder Leseverständnis liegt, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

Lernimpuls 3 wird von den Schülern nicht bearbeitet und lediglich mit dem Hinweis, dass C112 eine Zeichnung angefertigt habe, thematisiert.

Lernimpuls 4 wird von Schüler C115, der anfangs Antwort D gewählt hat, eigenständig und alleine erarbeitet (**I, Lernimpuls**; später: **E, Lernimpuls**). Er generiert die fachlich

anerkannte Begründung, dass kein Duftstoff mehr vorläge. Diese Schlussfolgerung wird von Schüler C106 (D) in einer eigenen Formulierung wiederholt (**E, Lernimpuls/Gespräch**). Der Impuls verläuft nach Intention und das Gespräch ist dahingehend positiv zu bewerten, dass gerade die Schüler, die Antwort D gewählt haben, diese erfolgreich widerlegen.

In *Lernimpuls 5* werden die Schlussfolgerung gezogen, dass die Flamme erlöschen würde (C115), dass Kohlenstoff entstünde (C106) sowie dass die Moleküle kleiner würden (C112). Gerade die in dem Lernimpuls intendierte Antwort von C112, dass die Moleküle kleiner würden, wird von C105 hinterfragt („Kleiner?“ 00:03 Teil 2) und von C112 direkt zurückgenommen („War nur Spaß.“ 00:04 Teil 2). C105 benennt eine starke Dampfentwicklung, welches auch in den Argumentationsbogen aufgenommen wird. Dabei werden keine Antworten als gestärkt oder geschwächt angegeben. Die anfangs genannten Aussagen werden in keiner Weise diskutiert. Insgesamt zeigt sich hier die Tendenz der geringen Diskussionen innerhalb der Gruppe.

In *Lernimpuls 6* sprechen sich C115 und C106 für Auswahlantwort A aus (**E, E**), ohne diese zu stützen. Schüler C105 benennt am Ende des Gesprächs die Brownsche Molekularbewegung.

In *Lernimpuls 7* fragen die Schüler die Projektleitung um Hilfe bei der Klärung der Frage, ohne jedoch zuvor selbst über die Antwort gesprochen zu haben. Es folgt eine Klärung der Konzepte und der Benennung von Antwort A und Antwort B und die Schüler stimmen zu, dass sie - trotz Benennung von Antwort B - das Konzept A erklärt haben und für anerkannt halten (C112: **E**, C106: **E**). Direkt im Anschluss revidiert C112 seine Aussage und sagt, dass er trotzdem B für anerkannt halte, es jedoch nicht erklären könne (**R**).

Beschreibung der Gruppe Schl2

Tab. 36: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe Schl2)

	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				
Lernimpuls	C120 (C)	C104 (A)	C128 (D)	C129 (D)	Bezug
1			I		Selbst
1			I		Gespräch
2			I		Lernimpuls
2				I	Gespräch
2			R		Lernimpuls
2				R	Lernimpuls
2				E	Lernimpuls

Lernimpuls	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn) C120 (C)	C104 (A)	C128 (D)	C129 (D)	Bezug
2			R		Lernimpuls
2				R	Gespräch
2			E		Lernimpuls
2				R	Lernimpuls
2				I	Gespräch
4				E	Gespräch
4				R	Alltag
4				I	Gespräch
5	I				Gespräch
5			R		-
5	I				Lernimpuls/Gespräch
6				E	Ausschlussverfahren
7	R				Selbst
7			E		-
7	I				Gespräch
7			E		-
7	R				selbst
7	I				Gespräch

Hinweis: Kodierung der Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

In *Lernimpuls 1* äußert C128 direkt Zweifel an seiner Antwort D. Schüler C129, ebenfalls mit Antwort D, kommentiert, dass er sie logisch finde, sie jedoch auch falsch sein könne. Stützen werden weder für noch gegen die Antwort genannt. Das Gespräch über die einzelnen Antworten beginnt mit Schüler C120, der sich für C ausspricht. Es folgt ein klärendes Gespräch, zu welchem Zeitpunkt eine Spaltung stattfindet, welches jedoch erfolglos endet. Es wird am Ende des Lernimpulses erneut aufgegriffen, woraufhin Schüler C120 sagt, er glaube, dass es sich im flüssigen Zustand schon spalte, womit sich C129 zufrieden gibt. Sowohl Antwort A als auch Antwort D werden vorgestellt und Schüler C128 bewertet die Aussage von Schüler C104 für Antwort A als „sinnvoll“ (**I, Gespräch**).

In *Lernimpuls 2* diskutieren Schüler C128 und C129 (beide D), wieso die Luft aus dem Ballon herausgedrückt werde, da die Reaktion mit Sauerstoff doch gerade ihre Theorie sei (C129). C128 folgert direkt, dass die Theorie falsch sei (**I, Lernimpuls**), was von C129 hingenommen wird (**I, Gespräch**). Hervorzuheben ist hier, dass die Schüler an dieser Stelle das Experiment durchführen, ohne zuvor Thesen aufgestellt zu haben. Nach Durch-

führung sieht sich C128 in seiner Antwort D gestärkt (**R, Lernimpuls**), was C129 bejaht (**R, Lernimpuls**). Erst kurz darauf fragt C129, dass es doch nicht deren Theorie sei (**E, Lernimpuls**), welches von C128 dementiert wird - es sei deren Theorie (**R, Lernimpuls**). C129 schließt sich mit einem unsicheren „Ach ja“ (19:57) an (**R, Gespräch**). Auch hier nennen die beiden Schüler weder Stützen für noch gegen die Antwort, obwohl sie Evidenzen anhand des Experiments sammeln konnten. Ohne weiteren Input folgert C128 dann, dass D nicht anerkannt sei („Verkackt“ 21:22, **E, Lernimpuls**). Hier äußert C129 Bedenken an der Schlussfolgerung, da der Sauerstoff zwar herausgepresst wurde, jedoch kein Vakuum herrsche (**R, Lernimpuls**). C129 scheint an dieser Stelle nicht überzeugt vom Ausschluss der Auswahlantwort D. Die Stütze von C104, dass der Stoff bei Antwort D gasförmig bleiben müsse, nimmt C129 jedoch an (**I, Gespräch**). Über diese Stütze wird im Folgenden auch Antwort C widerlegt und insgesamt aus dem Lernimpuls Antwort A als gestärkt angesehen.

In *Lernimpuls 3* scheinen die Schüler zu versuchen, eine Erklärung für B zu finden, die mit dem Lernimpuls übereinstimmt: Dabei nennt besonders C104 Aussagen für Antwort B. Auf die Aussage von C129, dass sich Moleküle nicht so weit ausdehnen könnten, womit er die Intention des Lernimpulses trifft, antwortet C104, dass sie sich alle etwas ausdehnen und sich so insgesamt im Raum verteilen. Diese Aussage wird von C129 später wiederholt. Nach erneuter Erklärung dieser Vorstellung von C104 an C120 folgert Letzterer, dass es keinen Sinn ergebe. Dies wird von C104 dahingehend bestätigt, dass es deshalb auch niemand gewählt habe. Im Argumentationsbogen notieren die Schüler trotz der Erkenntnis, dass B in diesem Fall keine sinnvolle Antwort ist, dass es gestärkt wird. Die Schüler scheinen entsprechend das Konzept von B verstanden und widerlegt zu haben. Aus welchem Grund hier der letzte Schritt, diese Erkenntnis auch zu formulieren, nicht gelingt, bleibt fraglich. Aufgrund der genannten Erkenntnis, dass B in diesem Fall keine sinnvolle Antwort ist, wurde keine Konzeptentwicklung für Aussagen für Antwort B kodiert.

In *Lernimpuls 4* nennt C104 Antwort D direkt als widerlegt. C129 scheint den Impuls missverstanden zu haben bzw. eine Schülervorstellung zu besitzen, da er stetig von einem Kreislauf spricht, der ablaufe: Kohlenwasserstoffe und Sauerstoff reagierten zu Wasser und Kohlenstoffdioxid, welche gleichzeitig die Reaktionsprodukte darstellen würden und sich somit ein Kreislauf ergebe. Trotz Versuch einer Klärung dieser Vorstellung mit C104 scheint dieser sie nicht zu verstehen und das Gespräch bricht ab. C104 benennt jedoch die unterschiedlichen Eigenschaften der Stoffe und den fehlenden Geruch bei den Produkten. Dieses wird von C129 bestätigt (**E, Gespräch**). Obwohl die Schüler mit dieser Argumentation bereits die intendierte Lösung erarbeitet haben, scheint es sie nicht zu überzeugen, sodass sie die Projektleitung nach den erwarteten Eigenschaften fragen. Nach dem Hinweis auf wahrnehmbare Eigenschaften sammeln die Schüler gemeinsam Eigenschaften und C104 benennt erneut den fehlenden Duftstoff als Stütze gegen Antwort D. Dieses wird von C129 dahingehend angezweifelt, dass die Reaktion vielleicht nicht

vollständig ablaufe, da die Duftlampe ja auch länger rieche (**R, Alltag**). Hier zeigt sich erneut die Tendenz von C129, an der Antwort D festzuhalten. C104 negiert diese Überlegung mit der Aussage, dass es deshalb ja nicht reagiere. C120, C128 und C129 sprechen sich anschließend gegen D aus (C129: **I, Gespräch**).

In *Lernimpuls 5* stellt C129 die Frage, ob nicht nur Wasserdampf entstehe, was von C120 mit der Gegenfrage kommentiert wird, ob sich die Moleküle beim Erhitzen nicht spalten würden. C104 erklärt, dass die Moleküle gleich bleiben, sich nur als kleine Tröpfchen in der Luft verteilen. Diese Vorstellung ist eine Alltagsvorstellung, in der meist vom Dampf gesprochen wird, wenn ein Stoff in Form kleinster Teilchen in Luft vorliegt. C120 wendet diese Aussage an und vergewissert sich, dass es immer noch H_2O und nicht „HO“ (42:29) sei (**I, Gespräch**). Nach einem kurzen Kommentar von C128, dass er deren Theorie (D) am besten finde (**R**), wiederholt C120 die Aussage, dass Wasserstoff sich entzünden würde (**I, Gespräch/Lernimpuls**).

In *Lernimpuls 6* benennt C104 A als anerkannte Antwort, was von C129 über das Ausschlussverfahren bestätigt wird (**E, Ausschluss**). Die anderen Schüler äußern sich in diesem Lernimpuls nicht.

In *Lernimpuls 7* ist Schüler C104 inhaltlich die leitende Person, während C128 und C129 ihr Unverstehen in Bezug auf die Aufgabe bekunden. C104 nennt daraufhin eine Aggregatzustandsänderung von Wasser als Beispiel für einen physikalischen Vorgang und konkretisiert diesen durch die gleich bleibende Formel des Stoffes. Beim Verdampfen werde nichts gespalten, es dehne sich nichts aus und es reagiere auch nicht mit Sauerstoff. Dies hinterfragt C120, indem er äußert, wieso sich nichts spalte (**R. Selbst**). C128 sieht diese Frage als rhetorisch an und antwortet, dass es ja auch nicht mit Sauerstoff reagiere (**E**). Der Aussage von C104, dass A richtig sei, stimmt C120 zu (**I, Gespräch**), beharrt jedoch erneut auf der Frage, wieso C falsch sei. Nach erneuter Erklärung des Verdampfens sowie Erklärung zu Lernimpuls 5 - unterbrochen von C128 mit der Aussage, dass A richtig sei (E) - behauptet C120 erneut, dass C richtig sei (**R, Selbst**). Inwieweit diese Aussage ernst gemeint oder eher eine Provokation darstellt, bleibt hier unklar. Der Erklärung von C104 und C129, dass es explodieren würde, stimmt C120 am Ende zu (**I, Gespräch**).

Beschreibung der Gruppe Schl3

Tab. 37: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe Schl3)

Lernimpuls	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				Bezug
	C121 (C)	C113 (B)	C123 (D)	C107 (D)	
2	E				Lernimpuls
2				I	Gespräch/Selbst
2	E				Lernimpuls/Ausschluss
2		I			Gespräch
2		I / R			Lernimpuls/Ausschluss
2		I			Gespräch
2				I	Selbst/Lernimpuls
2		I			Gespräch
2		I / R			Gespräch
2			I		Gespräch
2				I	Gespräch
3	I				Lernimpuls
3			I		Lernimpuls
3				I	Selbst
3		I			Selbst
3		R			Gespräch
4				R	Selbst
4			R		Gespräch
4	I				Gespräch
5	R				Gespräch
5				I	Gespräch/Selbst
6			E / R		-
6				I	-
6				I / R	-
6		I / R			-
6		rI			-
6			I		Gespräch
6			E		-
6			E / R		Gespräch
6		E / R			Gespräch

Lernimpuls	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn) C121 (C)	C113 (B)	C123 (D)	C107 (D)	Bezug
6		rE			Lernimpuls 4
6		R			-
6			E		Ausschluss
6	E				-
6	R				Lernimpuls 7
6				E	Gespräch
7	I				-
7			R		-
7	R				-
7	E				-
7			I		Gespräch
7	R				Gespräch
7				rE	Gespräch
7		I			Lernimpuls/Gespräch
7				rE	Gespräch
7				E / R	Gespräch
7			E		Gespräch
7				E	-
7		E			Gespräch

Hinweis: Kodierung zur Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

Die Diskussion von Schl3 beginnt in *Lernimpuls 1* mit einer Diskussion von C107 und C121 über die Formel von Sauerstoff. Schon dies ist der erste Hinweis, dass Schüler C107 an dieser Stelle die Vorstellung erneut durchdenkt, da er sie nun zeichnerisch darstellen muss. Dabei stellen sich C107 (D) und C121 (C) bereits ihre Vorstellungen vor. Auf die Frage von C107, wieso sich die Moleküle spalten und nicht mit Sauerstoff reagieren würden, stellt C120 fest, dass es seine Vorstellung sei, aber offen sei, ob sie richtig sei. C120 stellt anschließend fest, dass er sich frage, wie er eine Spaltung darstellen solle, erhält jedoch als Antwort lediglich, dass C107 es auch nicht wisse. C113 stellt nun fest, dass er gar nicht genau wisse, wieso er B genommen habe. Insgesamt wird in dieser Gruppe deutlich, dass kein genaues Bild vom Verdampfungsvorgang vorliegt und die Schüler anerkennen, dass jede der Antworten die anerkannte sein könnte. Im Anschluss stellen sich die Schüler die Antworten vor und stützen diese. Schon jetzt beginnen sie Überlegungen, welche

Antwort gestärkt und welche geschwächt sein könnte und überlegen, welche Antworten jeweils einer anderen widersprechen.

In *Lernimpuls 2* gehen die Schüler den intendierten Weg und stellen anfangs Hypothesen in Bezug auf den Ballon auf: Bei allen Antworten (B, C und D) würde sich der Ballon aufblähen, wobei dies bei D in geringerem Maße geschehe, da nur wenig Eugenol mit Sauerstoff reagieren könne. Nach dem Experiment bemerkt Schüler C121, dass er sich in seiner eigenen These widerlegt fühle (**E, Lernimpuls**). Auf Basis der Kenntnis, dass anormale Daten häufig ignoriert oder umgedeutet werden (Chinn & Brewer 1993), ist dies eine hohe kognitive Leistung, die Schüler C121 vollbringt. Er erklärt, dass der Ballon sich aufblähe und wieder kleiner werde und dies mit Antwort A vereinbar sei, aber bei C ja eine Spaltung vorliege. C123 vervollständigt seinen Satz und folgert, dass dies nicht gehe, weil der Ballon dann nicht wieder kleiner werden würde. C121 schließt über das kleiner Werden des Ballons auch Antwort D aus, was nach kurzer Gegenrede von C107 bestätigt wird (**I, Gespräch/Selbst**). C107 folgert, dass damit alles auf Antwort A hindeute (**E, Lernimpuls/Selbst**). C113 bestätigt dies und nennt Antwort B als weitere mögliche (**I/R, Lernimpuls/Ausschluss**), wobei A wahrscheinlicher sei (**I, Gespräch**). Alle Schüler sind sich einig, dass A und B gestärkt und C und D geschwächt würden (C113: **I/R, Gespräch**; C123: **I, Gespräch**; C107: **I, Gespräch**). Gerade für C121 scheint diese Erkenntnis emotional bewegend, da er sagt, dass sein ganzes Weltbild zusammengebrochen sei. Im Folgenden benennen die Schüler jeweils unterschiedliche Antworten, zwischen denen sie zu Beginn schwankten. Hier wird erneut deutlich, dass sie keinen festen Standpunkt vertreten und keine eindeutige Vorstellung hatten, sondern mehrere Antworten als attraktiv empfunden haben.

In *Lernimpuls 3* sagt Schüler C121, dass sie jetzt doch auf C113s Seite ständen (**I, Lernimpuls**). C123 führt aus, dass sie (Atome?) sich weiter bewegen und so größer würden und der Duft sich verbreite (**I, Lernimpuls**). C121 vergleicht es mit Knete, die man auseinander ziehe. Als Stütze nennt C107 die Brownsche Molekularbewegung (**I, Selbst**). C113, der die Antwort B anfangs gewählt hat, hat sich in Lernimpuls 3 bislang nicht beteiligt und nennt jetzt explizit, dass er eine Stütze gegen seine These wisse, nämlich, dass der Ballon bei Raumtemperatur kleiner werde **(I, Selbst**). C121 widerspricht hier und sagt, dass dieses Phänomen auch mit der Brownschen Molekularbewegung zu erklären sei und nennt als Beispiel Kaliumpermanganat in heißem und in kaltem Wasser. C113 stimmt dieser Aussage zu und führt weiter aus, dass es sich ja trotzdem verteile (**R, Gespräch**). Der anfängliche Gedanke von C113, dass der Ballon aufgrund der Brownschen Molekularbewegung nicht kleiner werden dürfte, da die Bewegung zwar langsamer werde, aber die Teilchen sich dennoch weiter ausbreiten würden (wie er im späteren Verlauf der Diskussion erläutert), stimmt mit dem Beispiel von C121 überein, dass das Kaliumpermanganat sich in kaltem Wasser langsamer verteilt. Dieses Konzept wird von beiden Schülern anerkannt. Dass jedoch jetzt noch immer der von C113 geäußerte Konflikt im

Raum steht, dass der Ballon kleiner wird, wird von den Schülern anfangs nicht wahrgenommen. Statt dessen sehen beide Antwort B als gestärkt an. Es scheint hier, als würde C121 von C113 die Fachkompetenz zugeschrieben, wegen der er sich C121s Standpunkt anschließen kann. Erst nach erneuter Formulierung von C107 und C121, dass sich die Abstände bei Hitze vergrößern und bei Kälte verringern, widerspricht C113 erneut und wirft ein, dass die Abstände ja nicht kleiner würden, sondern nur langsamer größer. Dieser Konflikt wird von C107 dahingehend gelöst, dass er sagt, dass es sich im Raum nicht, aber im Ballon wohl zurückziehe. C121 bestätigt dies und stützt das Zusammenziehen mit dem großem Temperaturunterschied von heißem Wasser und Raumtemperatur. C113 stimmt dieser Argumentation zu. Im Ganzen sehen die Schüler damit die Antwort B als gestärkt an. Die Intention des Lernimpulses, eine Antwort auszuschließen, wurde von den Schülern direkt zu Beginn in das Gegenteil gewandelt: Sobald Schüler C121 gelesen hatte, dass im Lernimpuls Antwort B thematisiert wird, wechselte er den Standpunkt zu Antwort B. Trotz Widersprüche von C113, der anfänglich Antwort B gewählt hat, und hier die kognitive Leistung vollbringt, ein Gegenargument an seiner Antwort zu generieren, wird an Antwort B festgehalten.

In *Lernimpuls 4* beginnt Schüler C123 direkt mit der Schlussfolgerung, die gegebenen Informationen widersprächen der Antwort D nicht. C113 widerspricht, wird jedoch unterbrochen. C107 führt aus, dass der Duftstoff durch das entstehende Kohlenstoffdioxid mit hoch gehe und sich so in der Luft verteile (**R, Lernimpuls**), C123 stimmt der Überlegung zu (**R, Gespräch**). Einer weiteren Erklärung von C107, dass das Duftöl angezündet werde, mit Sauerstoff reagiere und so Kohlenstoffdioxid entstehe, stimmt C121 zu (**I, Gespräch**). Dass das Duftöl selbst angezündet werde, ist vermutlich ein Wortfehler, da er weiterhin ausführt, dass, wenn etwas *erhitzt* werde, es meist mit Sauerstoff reagiere. C107 führt aus, dass Wasser und Restöl übrig blieben und am Ende das Wasser verbrenne. C121 wirft ein, dass dann eine Phasentrennung erkennbar sein müsste. C107 sieht sich durch den Einwand bestätigt, da nach ihm diese Phasentrennung erkennbar sei und ganz am Ende der Wasserdampf aufsteige. Dass die Phasentrennung bei der Duftlampe aufgrund der Praktik, Wasser und Öl zu mischen, sichtbar ist, hier jedoch didaktisch reduziert nur von Öl ausgegangen wird, wird dem Schüler nicht bewusst. Dem weiteren Einwand von C121, wieso es immer wieder reagiere, wenn es doch schon getrennt sei, entgegnet C107, dass die Reaktion Zeit brauche und mehrere Stunden dauere. Auch diese Erklärung akzeptiert C121, sodass am Ende des Lernimpulses Antwort D als gestärkt angesehen wird. Die Nennung der Eigenschaften von Eugenol, Wasser und Kohlenstoffdioxid, die in diesem Lernimpuls gefordert war, äußern die Schüler nicht. Statt dessen beginnen sie gleich zu Beginn mit der Nennung von Schlussfolgerungen. Dass sie Antwort D bereits in Lernimpuls 2 widerlegt haben und C121 sie sogar als „völlig aus der Bahn geworfen“ (23:03) bezeichnete, wird in diesem Lernimpuls nicht beachtet. Der implizite Gedankengang des Ausschlussverfahrens scheint den Schülern hier nicht präsent zu sein.

Zu Beginn des *Lernimpulses 5* benennt Schüler C107 Wasserstoff und Sauerstoff als mögliche Spaltprodukte. C121 benennt Wasserdampf als Produkt, was von C113 bestätigt wird. C107 greift diese Aussage auf und beginnt - seine ursprüngliche Aussage nicht aufgreifend - die Überlegung, was Wasserdampf sei, und stellt die Vermutung auf, es sei „HO“ (35:17). Da Wasserdampf auch zu kondensieren ist und das flüssige Wasser bei Metall, aber nicht bei Tuch oder Holz zurückperle, stellt er die Vermutung auf, dass etwas aus dem Metall aufgenommen werde, sodass der Wasserdampf flüssig werde. Diese Aussagen wird nicht weiter beachtet. Stattdessen fragt C121 nach den Konsequenzen beim Kochen. Hier bleiben die Schüler auf Phänomenebene und nennen Aspekte des Alltags: Das Wasser werde heiß, Wasser steige auf, es werde weniger Wasser im Topf. Obwohl C107 die bei einer Spaltung entstehenden Stoffe (Wasserstoff und Sauerstoff) zu Beginn genannt hat, fragt er nach diesen. Hier wird deutlich, dass er sich seiner Aussage zu Beginn nicht sicher ist, und er fragt nach, ob nur Wasserdampf entstehe und ob dies das Spaltprodukt sei. Analog zu der Vorstellung aus Lernimpuls 4, dass Kohlenstoffdioxid den Duftstoff mit in die Luft nimmt, sagt C107, dass das Wasser im Topf weniger werde, da der Wasserdampf „etwas vom Wasser“ (00:28 Teil 2) mitnehme. Hier ist zu vermuten, dass der Schüler das Umwandlungskonzept nicht verstanden hat. C121 nennt als Konsequenz, dass das Wasser im Topf weniger werde. C107 referiert selbst auf Lernimpuls 2, in dem die Schüler Antwort C ausgeschlossen haben. Auch hier gehen C121 und C107 den argumentativen Weg über die Dauer der Reaktion und deuten ihre Schlussfolgerung um: Da nicht alle Moleküle auf einmal gespalten würden, sei Antwort C doch möglich (C121: **R, Gespräch**; C107: **I, Gespräch**). Anstatt also Antwort C als widerlegt beizubehalten, deuten sie das Experiment und die daraus folgende Schlussfolgerung um. C113 widerspricht hier und benennt das Zusammenziehen des Ballons als Argument gegen C. C107 beharrt jedoch darauf, dass es möglich sei und erklärt es mit der geringeren Molekularbewegung. C121 unterstützt die Argumentation über den Verweis der geringeren Anzahl der zu spaltenden Teilchen und der daraus resultierenden geringeren Bewegung der Teilchen. Der Widerspruch von C113, dass die Teilchen schon gespalten seien, wird hier ignoriert. Insgesamt ist das Gespräch bestimmt durch C121 und C107, die, so scheint es, versuchen, Erklärungen zu finden, damit die entsprechenden Antworten möglich sind. Dies zeigt sich besonders in dem hier beschriebenen Lernimpuls 5, jedoch auch bereits in 3 und 4. Die zumeist von C113 genannten Widersprüche und Erinnerungen an bereits ausgeschlossene Antworten werden von C121 und C107 nur scheinbar widerlegt oder ignoriert. Obwohl C121 in Lernimpuls 2 seine eigene Vorstellung der Antwort C als widerlegt ansieht, scheint er hier in dieser Vorstellung verhaftet.

Lernimpuls 6 fordert eine Einigung. Da die Schüler in Lernimpuls 3, 4 und 5 jeweils *für* die nach Intention zu widerlegende Antwort argumentierten, erscheint eine Einigung auf dieser Basis schwierig. Tatsächlich vertritt kein Schüler einen klaren Standpunkt, sondern alle wechseln häufig die Meinung. Der Lernimpuls beginnt mit C123, der sich für B oder D

ausspricht (**E, R**), obwohl D bereits von ihm als widerlegt benannt wurde. Es folgt eine Diskussion, in der die Schüler sich für die Brownsche Molekularbewegung als Grund und damit für Antwort B aussprechen. Als Stütze wird das Experiment genannt (C107: **I**). Im Folgenden benennt C107 Lernimpuls 4 als Stütze für Antwort D und sagt, dass er sich nicht entscheiden könne (**I, R**). Auf die Frage, was die meiste Bewunderung ausgelöst habe, nennen die Schüler B und D (C113: **I, R)** und schließen A aus (C107, C123). C123 schließt weiterhin C aus, was von C107 gestützt wird, da der Ballon sich nach Antwort C übermäßig aufblähen müsse. C113 sagt, dass man sich bei B am sichersten fühle (**rI**), was von C123 bejaht wird (**I, Gespräch**). Nach Nennung der Hitze als Katalysator wird D erneut als möglich angesehen (C123: **E, R**) und C113 fragt: „Also B oder D?“ (07:00 Teil 2 **E, R**). C121 geht einen Schritt zurück und fordert nun die Eigenschaften von Wasser, Kohlenstoffdioxid und Eugenol (Lernimpuls 4) ein. Er benennt hier selbst die intendierte Antwort, dass nach der Reaktion kein Duftstoff mehr vorläge. C113 stimmt ihm zu und benennt Kohlenstoffdioxid als geruchlos (**rE**). Seine eigene Aussage schränkt C121 nun ein, da er über das Wort *ausschließlich* reflektiert und fragt, ob es bedeute, dass tatsächlich kein Duftstoff mehr vorliege oder dass der Duftstoff zurückbleibe und nur Wasser und Kohlenstoffdioxid aufsteigen würden. Hier zeigt sich erneut, dass das Umwandlungskonzept nicht präsent ist: Würden Wasser und Kohlenstoffdioxid entstehen, so wäre kein Duftstoff mehr in der Schale. Die Schüler fragen an dieser Stelle die Projektleitung, was mit *ausschließlich* gemeint sei. Nach dessen Klärung folgern C113 und C123, dass damit B die für sie anerkannte Antwort sei (C113: **R**; C123: **E, Ausschluss**), da D (C121) und C (C123) ausgeschlossen seien. Den Einwand von C121, ob C wirklich ausgeschlossen sei, beendet er selbst, indem er sagt, dass sie sich erst einmal auf B einigen (**E**). Auf das folgende Lesen des Lernimpulses 7 folgert er jedoch, dass durch diesen Antwort C gestärkt werde (**R, Lernimpuls 7**). Er fasst zusammen, dass D ausgeschlossen sei, was von C107 durch die Antwort A ergänzt wird. Damit stünden sie, so C107, zwischen B und C (**E, Gespräch**). C123 widerspricht und sagt, dass sie sich über das Ausschlussverfahren auf B geeinigt hätten. Hier wird deutlich, dass auch nach erneuter Diskussion um die anerkannte Antwort keine einstimmige und für alle überzeugende Lösung gefunden werden konnte. Dennoch gehen die Schüler weiter zu Lernimpuls 7.

In *Lernimpuls 7* folgt eine lange Diskussion über Kriterien von und Beispielen zu Aggregatzustandsänderungen (physikalischen Vorgängen) und chemischen Reaktionen. Ein physikalischer Vorgang wird als etwas definiert, was durch Außeneinwirkung beschleunigt oder gestoppt werden könne, und das Wasserkochen als Beispiel benannt. C107 zweifelt dieses an, da die aufsteigenden Blasen bei kochendem Wasser aus Sauerstoff bestünden und daher bereits eine Reaktion stattgefunden habe. C121 verneint dies und sagt, dass lediglich Hitze hinzugefügt werde. C113 nennt die Brownsche Molekularbewegung als Art des physikalischen Vorgangs, da hier mittels Wärmezufuhr ein Vorgang beschleunigt werde; diesem stimmt C121 zu. Als Beispiel für eine chemische Reaktion wird

die Bildung von Natriumchlorid aus den Elementen genannt. Es folgt ein Themenwechsel, indem C121 fragt, was passieren würde, wenn eine Glaskuppel über die Kerze gestülpt würde, welches mit C107 diskutiert wird. Zurück zu Lernimpuls 6 führt anschließend ebenfalls C121, der Antworten D und C als ausgeschlossen bzw. „auf der Kippe“ (22:18 Teil 2) stehend benennt (**I**). C107 fragt nach der Anwendung der Definition auf das Verdampfen von Eugenol und schlägt vor, dass Eugenol nur durch Außeneinwirkung verdampfe. Schüler C123 schlussfolgert aus dieser Aussage, dass sie damit wieder bei Antwort D als richtige seien (**R**). C121 verneint dies und benennt C als daraus folgende Antwort (**R**), was wiederum von C107 verneint wird. Es folgt eine Aneinanderreihung von (z. T. ergänzten) Aussagen, wie einem Autokühler als Beispiel, der Brownsche Molekularbewegung als richtige Richtung im Lösen der Aufgabe und D als ausgeschlossene Antwort. C113 benennt die Brownsche Molekularbewegung als physikalischen Vorgang, durch den Prozesse beschleunigt oder verlangsamt werden können. C107 ergänzt es um den Aspekt des Stoppens, welcher von C113 verneint, jedoch insgesamt nicht weiter diskutiert wird. Diese Aneinanderreihung ist ein Beispiel für die in Abschnitten vergleichsweise strukturlose Gesprächsführung und die wenig zu Ende diskutierten Ansätze. C121 referiert auf These B als Beispiel für die Brownsche Molekularbewegung. Nach kurzer - teilweise widersprechender, jedoch nicht geklärter - Diskussion mit C107 und C123 wechselt C121 das Thema und fragt, welche Stoffe beim Verdampfen entstehen würden (Lernimpuls 4); er scheint jedoch die Antworten zu verwechseln, da er auf Antwort B referiert und über die Aussagen der Mitschüler, dass Wasser aufsteige und das Volumen im Topf geringer würde, B bestätigt sieht. C113 widerspricht, indem er sagt, dass sie gerade für Antwort C argumentiert hätten: Wie beim Kochen von Wasser würde auch das Eugenol weniger. C123 und C121 stimmen ihm zu (C123: **I, Gespräch**; C121: **R, Gespräch**). C107 widerspricht zwar, dass nichts gespalten werde (**rE, Gespräch**), wird jedoch nicht beachtet, sondern es folgt eine phänomenologische Klärung des Verdampfens durch C121 und C123. C121 benennt anschließend erneut These B und sagt, dass durch das Erhitzen die Abstände größer würden, es (der Duft?) jedoch beim Abkühlen wieder kleiner werden müsste. Über den angefangenen Satz von C121 „Wenn wir es wieder erwärmen würden, wo nichts ist“ (25:46 Teil 2), folgert C123, dass B widerlegt sei. C121 spricht sich daraufhin für C aus. Der Widerspruch von C113, dass doch schon geklärt sei, dass „das nicht zurück kommt“ (26:11 Teil 2) wird von C121 ignoriert und nur benannt, dass sich die Moleküle durch die Wärme im Raum verteilen. C113 widerspricht, dass es sich nicht wieder zusammenziehe, sondern nur langsamer werde. Es folgt die Klärung, ob sich die Moleküle tatsächlich „unendlich weit“ (27:08 Teil 2) ausbreiten würden. Auf die Aussage von C113, dass sie bei B seien (- ob er es als wertende Aussage für B oder nur als strukturierende Aussage meint, bleibt hier unklar). C121 fragt daraufhin, ob sie sich nicht auf C geeinigt hätten, was C123 verneint, was jedoch von den Mitschülern - auch auf C113 bezogen - bejaht wird. C113 benennt den Widerspruch, dass C121 gesagt habe, dass der Duft bei B

wieder zurückkäme, dieses aber nicht geschehe (**I, Gespräch/Lernimpuls**). C107 stimmt dem zu und benennt A und B als Antworten, bei denen es so sei (**rE, Gespräch**) und benennt daher C und D als mögliche anerkannte Antworten (**E, R, Gespräch**). C123 konkretisiert es auf C (**E, Gespräch**) und schließt D aus (**E**). Der Vorschlag von C123, dass sie sich jetzt auf C einigen, wird von C113 angenommen (**E, Gespräch**). C121 will dies nicht so annehmen, sondern fordert eine Begründung, woraufhin C113 antwortet, dass es verdunste. C107 nennt das Ausschlussverfahren und fragt, wieso sie sich für B entschieden hätten. C123 antwortet, dass D ausgeschlossen und zwischen B und C geschwankt worden sei. C107 fragt daraufhin, ob sie jetzt D nähmen, was von C123 und im Folgenden von den weiteren Schülern bejaht wird.
Zusammengefasst einigen sich die Schüler am Ende auf die Antwort C, ohne Antwort A in den Lernimpulsen 3, 4, 5, 6 und 7 diskutiert zu haben. Lediglich ganz am Ende sagt C123 scherzhaft, dass es am Ende doch A sei. Die Schüler springen relativ wahllos zwischen Lernimpulsen und Themen hin und her. Auffällig ist dabei, dass Widersprüche und konfligierende Standpunkte - wenn sie wahrgenommen werden - häufig nicht gründlich ausdiskutiert werden, sodass ähnliche Themen erneut diskutiert werden müssen. Die Wahl der Antwort C fällt letztlich, ohne eine konkrete Stütze für diese Antwort nennen zu können, und obwohl sie in Lernimpuls 2 einstimmig ausgeschlossen wurde. Die Schüler scheinen eher auf der Suche nach Erklärung *für* jede Antwort als auf der Suche nach Möglichkeiten des Ausschlusses. Entsprechend werden die Lernimpulse 2, 3, 4 (zu Beginn) und 5 nicht nach Intention genutzt, auch wenn die Ansätze für den intendierten Weg durchaus erkannt werden.

Beschreibung der Gruppe Schl4

Tab. 38: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe Schl4)

	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				
Lernimpuls	C126 (C)	C119 (A)	C132 (B)	C127 (D/A)	Bezug
1	I				Selbst
1		I			Selbst
1	R				Selbst
1				E	Selbst
1				E	Selbst
1			E		Selbst
2			R		Selbst
2			E		Selbst/Gespräch

Lernimpuls	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn) C126 (C)	C119 (A)	C132 (B)	C127 (D/A)	Bezug
3			R		Selbst
3			R		Gespräch
3			I		Gespräch
3			E		Gespräch
4				E / R	Selbst/Lernimpuls
4				I	Selbst/Lernimpuls
4				I	Selbst/Lernimpuls
4				I	Lernimpuls
4				E	Lernimpuls
4				E	-

Hinweis: Kodierung zur Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

Bereits in *Lernimpuls 1* sind erste Konzeptentwicklungen zu erkennen: So deutet Schüler C126 (C) an, dass seine Antwort falsch sei ("Schon verkackt", 05:17); Schüler C119 (A) schließt sich an und sagt, dass er zudem nicht wisse, wie er Antwort A stützen solle. Beides wurde als implizite Konzeptentwicklung **(I, Selbst)** kodiert. Während der Präsentation und Stütze der Wahl deutet C126 ein Missverständnis an („Weil im obigen Text, was ich eh falsch gemacht habe…" 10:29), spricht hier jedoch nicht weiter, sondern erläutert seine Antwort **(R, Selbst)**. C127 schließt sich ihm an und führt aus, dass auch er sich verlesen habe. Er wisse, dass A richtig sei **(E, Selbst**). C132 (B) stimmt ihm zu und sagt, dass er auch glaube, dass A richtig sei (**E, Selbst/Gespräch**).

Obwohl Schüler C119 seine Antwort A kurz angezweifelt hat, scheinen die Schüler bereits nach dem Lernimpuls 1 zu Antwort A zu tendieren. Dies liegt zum einen an den zwei Schülern, die sich verlesen haben und somit die Antworten C und D schwächen, zum anderen daran, dass Schüler C127 sich für A ausspricht und von Schüler C132 bestärkt wird. Der Lernimpuls hat dahingehend Wirkung gezeigt, dass die Wahl der Antwort noch einmal bewusst reflektiert wurde, sodass bereits hier Konzeptentwicklungsprozesse eingesetzt haben. Diese waren ein Mal durch die Schüler selbst initiiert, da bis zu dem Zeitpunkt kein Input in Form von Lernimpulsen kam, zum Zweiten bei Schüler C132 durch das Gespräch mit C127, der seine Meinung zu A geändert hat.

Zu Beginn des Gesprächs in *Lernimpuls 2* sehen die Schüler Antwort A und B als gestärkt an, stützen hier jedoch nur Antwort A über die Brownsche Molekularbewegung (C119). Antwort C wird zwischen Schüler C119 und C126 diskutiert: Schüler C126 vertritt die Meinung, dass Antwort C gestärkt werde und stützt dies im Zirkelschluss mit der Aussage, dass sich die Moleküle spalten würden. Schüler C119 versucht dieses zu widerlegen,

indem er sagt, dass sich bei einer Spaltung von Wasser Sauerstoff bilden würde und stellt die These auf, dass dieses nicht geschehe. Fraglich bleibt hier, ob sich der Schüler versprochen hat und Eugenol statt Wasser meint. Schüler C126 greift seinen Widerspruch direkt auf und behauptet, dass Sauerstoff entstehe und daher der Ballon im Wasser aufsteige. Es folgt eine Diskussion über eine mögliche Gasbildung im Ballon: Während Schüler C126 anerkannt argumentiert, dass sich im Ballon ein Gas gebildet habe, vertritt C119 den Standpunkt, dass bereits Gase vorhanden waren, die sich lediglich ausgebreitet hätten. Es scheint, als verstehe C119 unter einer Gasbildung nicht den Aggregatzustandswechsel, sondern von außen eintretendes Gas. Die Diskussion bricht an dieser Stelle ab, ohne dass die Begrifflichkeiten geklärt wurden. C127 versucht nun, seine anfangs vertretene These, dass D nicht sein könne, zu stützen, wird jedoch vor der Beendigung unterbrochen. Es folgt eine Aussprache der Schüler für die Antworten B, C und besonders A; Schüler C117 spricht sich erneut gegen D aus. Schüler C132, der sich im Vorfeld Antwort A angeschlossen hat, fällt nun zurück in seine ursprüngliche Antwort und benennt B als auch möglich (**R; Selbst**). Dies revidiert er jedoch dahingehend, dass A eher zutreffe (**E, Gespräch**). Schüler C126 fasst das Ergebnis als +A, +B, +C und -D zusammen. C119 stellt die Rückfrage „C?“, da nach ihm C geschwächt wird, verfolgt diesen Ansatz jedoch nicht weiter. Obwohl Schüler C132 seine ursprüngliche These B als noch immer möglich nennt, bezeichnet er kurz darauf A als fachlich anerkannte Antwort. Auffällig ist hier, dass in der Zwischenzeit keine weiteren Stützen für oder gegen Antwort A bzw. B genannt wurden. Es kann darauf hindeuten, dass ihm bewusst ist, dass mehrere Antworten möglich sein können, er aber zu A tendiert. Schüler C127 wiederholt, dass D falsch sei, was von Schüler C119 bestätigt wird. Die Schüler gelangen so zur intendierten Lösung, dass sie D ausschließen. Bei Schüler C127 wird deutlich, dass er in der Lage ist, die Behauptung fachlich anerkannt zu stützen; dieses in einer Notiz im Lernimpuls deutlich, in der er schreibt, dass für eine Reaktion und das damit verbundene Aufblähen des Ballons Sauerstoff vorhanden sein müsse, dieses jedoch nicht der Fall sei. Die anderen Schüler stimmen ihm zu, dass D widerlegt sei; hier ist jedoch nicht klar, ob ihnen die Stütze bekannt ist.

In *Lernimpuls 3* beginnt der Schüler C132 mit der Aussage, dass Antwort B auch logisch sei (**R, Selbst**) und fällt damit zurück in seine ursprüngliche Antwort, die er zu dem Zeitpunkt bereits zwei Mal dahingehend geschwächt hat, dass er sich für A ausgesprochen hat. Vermutlich fehlt dem Schüler ein Argument, mit welchem B geschwächt werden kann, um eine Konzeptentwicklung zu initiieren, sodass er - obwohl er sich für A ausspricht und diese Antwort vor B bevorzugt - immer wieder B als möglich benennt. Während die Mitschüler anfangs auf seine Überlegung einzugehen versuchen, wird klar, dass zuvor der Unterschied zwischen Atom und Molekül geklärt werden sollte, was im Folgenden geschieht. C119 zieht den Vergleich von Antwort B zu Antwort C und behauptet, dass sich auch bei B die Bindungen irgendwann spalten würden. C132, dessen Wahl B war, widerspricht, indem er sagt, dass die Bindungen nur länger würden. C119 fasst den mögli-

chen Verlauf zusammen: Durch die Hitze würden die Verbindungen schwächer, der Stoff breite sich aus und sei so überall zu riechen. An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass ihm bewusst ist, dass es nicht so abläuft. C132 stimmt ihm dennoch zu und gibt ihm Recht **(R, Gespräch)**. C119 führt an dieser Stelle weiter aus, dass es nicht sein könne, da die Bindungen nicht mehr bestehen würden. Im Folgenden klären und formulieren Schüler C119, C132 und C127 die abschließende Aussage für den Argumentationsbogen. Dabei sprechen sie sich über das von C119 beschriebene Szenario für Antwort B aus, widerlegen dieses jedoch anschließend darüber, dass keine Bindungen mehr bestehen würden. Eine Besonderheit ist in diesem Impuls, dass die Schwierigkeit der Unterscheidung von Atom und Molekül sowie von Bindungen deutlich wird. Während Schüler C127 bereits zu Beginn eine Klärung der Begriffe Atom und Molekül initiiert und fragt, wie die Atome im Molekül angeordnet sind, schlussfolgert Schüler C132 zum Schluss, dass die Bindungen so groß sein würden, dass es einzelne Atombindungen seien (32:52) (**I, Gespräch**). Trotz der Korrektur von C127, dass es sich um einzelne Atome, nicht einzelne Atombindungen handle (32:58), bleibt C132 bei der Formulierung der einzelnen Atombindungen und schließt sich damit dem Ausschluss von Antwort B an (**E, Gespräch**). Inwieweit hier eine sprachliche Ungenauigkeit oder eine Schülervorstellung vorliegt, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Dennoch kann gesagt werden werden, dass sowohl die intendierte Lösung als auch intendierte Stütze erreicht werden. Weiterhin kann gefolgert werden, dass C132 mit der Nennung des Arguments seine Schülervorstellung verändert hat; Antwort B scheint ihm plausibel ausgeschlossen zu sein.

In *Lernimpuls 4* sammeln die Schüler zunächst Eigenschaften von Wasser und Kohlenstoffdioxid wie beispielsweise die jeweiligen Aggregatzustände (bei Normbedingungen). C126 benennt Wasser - analog zu Kohlenstoffdioxid - als Wasserstoffdioxid und wird von C119 dahingehend unterstützt, dass er das Konzept implizit bestätigt, indem er nur die Benennung anzweifelt. Es folgt eine Diskussion über Größe und Dichte der Stoffe, die von fachlich nicht anerkannten bzw. unstrukturierten Aussagen geprägt ist. Im Folgenden übernimmt C127 die aktive Rolle und wird dabei von C119 unterstützt. C132 und C126 geben Hinweise, dass der Lernimpuls zu schwierig sei, und zeigen eher Ambitionen, zum nächsten überzugehen. C127 benennt das Beispiel eines Kellers bzw. einer Mine, in der die Menschen nur so weit gehen durften, bis die mitgeführte Kerze erlosch. Dies führt er auf das Kohlenstoffdioxid (er benennt es stets als Kohlenstoff) zurück, welches die Flamme ersticke. Da die Flamme im Kontext der Duftlampe nicht erlischt, folgert er, dass kein Kohlenstoffdioxid entstehe und Antwort D nicht sein könne (**E, Selbst/Lernimpuls**), wobei er dies direkt mit einem „Oder doch?“ anzweifelt (**R, Selbst/Lernimpuls**). Seiner Argumentation nach müsste entstehendes Kohlenstoffdioxid die Flamme erlöschen, was hier nicht geschehe (**I, Selbst/Lernimpuls**). Nach kurzem Austausch mit C119 widerruft C127 seine Aussage nach Lesen des Lernimpulses mit der Anmerkung, dass Kohlenstoffdioxid ja doch entstehe. Direkt im Anschluss folgert er, dass aber bei der Duftlampe kein

Wasser entstehe (**I, Lernimpuls**) und daher Antwort D widerlegt werde (**E, Lernimpuls**). C132 zeigt, dass er der Diskussion gefolgt ist, indem er eine Formulierung für den Argumentationsbogen vorschlägt. Die von C127 vorgebrachte Argumentation ist in sich nicht schlüssig, da auch bei der letztendlich gewählten Stütze analog zum entstehenden Kohlenstoffdioxid nach Angabe aus dem Lernimpuls auch Wasser entsteht. Die Stütze über das Wasser scheint für den Schüler dahingehend einsichtiger, als dass das Wasser nicht phänomenologisch über eine Phasengrenze sichtbar wird. An dieser Stelle seien fachliche Aspekte wie die zu geringe Konzentration von Kohlenstoffdioxid im Raum, um eine Flamme zu ersticken, sowie das Verdunsten von möglicherweise entstehendem Wasser vernachlässigt. Nach der Diskussion fügt Schüler C126 an, dass A richtig sei (**E**). Insgesamt wird die intendierte Lösung des Schwächens der Antwort D erreicht. Die intendierte Stütze wird nicht genannt; statt dessen erarbeitet Schüler C127 anhand des bekannten Phänomens der erlöschenden Kerze in einer Mine eine weit komplexere Stütze. Zu diesem Zeitpunkt haben sich alle Schüler für Antwort A ausgesprochen und ändern ihre Meinung nicht mehr. Somit ist davon auszugehen, dass bei allen eine Konzeptentwicklung initiiert werden konnte. Dies wird gestützt durch weitere Aussagen der Schüler für Antwort A.

In *Lernimpuls 5* gehen die Schüler stringent den intendierten Weg: Sie benennen das Entstehen von Wasserstoff und etwas später auch von Sauerstoff sowie die Explosionsfähigkeit von Wasserstoff, welche als Gemisch mit Sauerstoff noch verstärkt wird. Da sie diese Explosionsfähigkeit nicht aus dem Alltag kennen, folgern sie, dass Antwort C geschwächt werde. Zu Beginn des Lernimpulses widerspricht Schüler C126, der anfangs Antwort C gewählt hat, dem Lernimpuls dahingehend, dass er anmerkt, dass es doch Wasser bleibe. An dieser Stelle wird die Kontextabhängigkeit des Wissens deutlich: In unterschiedlichen Kontexten kann der Vorgang des Verdampfens auf verschiedene Weise erklärt werden. Ein Aspekt, der vermutlich zu der Vorstellung des Spaltens von Molekülen beiträgt, ist die komplexe Struktur des Moleküls, die häufig mit einer geringeren Stabilität verbunden wird (vgl. Kap. 2.2).

In *Lernimpuls 6* benennen die Schüler anfangs ungestützt Antwort A als die für sie anerkannte. Erst als Schüler C127 sagt, dass sie sich ja wirklich auf Antwort A einigen könnten, werden Aspekte wie das Ausschlussverfahren und die Falsifikation von Antworten genannt.

Lernimpuls 7 ist geprägt von Aussagen des Schülers C127, der einen physikalischen Vorgang als einen Vorgang beschreibt, bei dem etwas in Bewegung versetzt wird. Ergänzt wird dies von C119, der bei einer chemischen Reaktion die Bildung eines neuen Stoffes benennt. Im Folgenden formulieren die Schüler gemeinsam entsprechende Definitionen und verweisen erneut auf die Brownsche Molekularbewegung, mit der Antwort A zu stützen sei.

Beschreibung der Gruppe LFS1

Tab. 39: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe LFS1)

	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				
Lernimpuls	LH14 (A)	EE28 (B)	EN12 (A)	AS57 (D)	Bezug
3		I			Gespräch
3		I			Gespräch
4				I	Gespräch
6				E	Ausschluss

Hinweis: Kodierung zur Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

In *Lernimpuls 1* beschreibt Schüler LH14 seine Antwort A, gefolgt von Schüler EE28 mit Antwort B. Letzteres wird von EN12 (A) angezweifelt, da sich Moleküle dann auseinander ziehen würden. EE28 verneint dies und sagt, dass sie sich dennoch anzögen, da die Brücke halte. Daraufhin erklärt EN12 seine Antwort A und grenzt sie klar von Antwort B ab. EE28 lenkt ein und sagt, dass er sich nicht sicher sei, ob sich Atome oder Moleküle voneinander entfernten (**I, Gespräch**). Schüler AS57 beschreibt Antwort D und benennt das oxidierte Produkt als den Duftstoff. Diese Aussage bleibt von den Schülern inhaltlich unkommentiert.

Stattdessen gehen sie zu *Lernimpuls 2* über. Hier versuchen sie, Hypothesen in Bezug auf das Volumen aufzustellen. AS57 (D) sagt, dass beim Schütteln keine Flüssigkeit mehr drin sei, da alles gasförmig geworden sei. EE28 behauptet fragend, dass das Volumen größer werde, ohne sich auf eine Antwort zu beziehen. AS57 (D) sagt daraufhin - konträr zu seiner vorigen Aussage -, dass das Volumen gleich bleibe, was von LH14 dahingehend gestützt wird, dass keine Luft vorhanden sei. Bei C werde das Volumen auch größer, sagt EE28, was von LH14 verneint wird: Es werde eher kleiner, da nichts passiere. EE28 beharrt, dass es doch auseinander gehe, was von LH14 verneint wird. EE28 sagt daraufhin, dass er es nicht wisse. Es zeigt sich hier, dass die Schüler zwar teilweise aufeinander eingehen, jedoch z. B. EE28 keine Diskussion im Sinne einer Erkenntnisgewinnung führt, sondern eher sein Unwissen bekundet und damit die Diskussion abbricht. Nachdem das Experiment durchgeführt wurde, werden von EN12 A und B als gestärkt und C und D als geschwächt benannt, welches von LH14 bejaht wird. AS57 hat bei sich auf dem Lernimpuls eingetragen, dass das Volumen zunehme. Dies wird von LH14 verneint und dahingehend erklärt, dass kein Sauerstoff im Ballon enthalten sei. Die Rechtfertigung von AS57, dass er es anhand der Überlegung von Lernimpuls 1 gemacht habe, wird von LH14 unterbrochen, indem er darauf beharrt, dass keine Luft im Ballon sei. AS57 versucht, eine

Rechtfertig zu äußern, führt seine Aussagen jedoch nicht zu Ende. Eine Klärung wird hier nicht erreicht, sodass bei AS57 keine Konzeptentwicklung deutlich wird.
In *Lernimpuls 3* fühlt sich EE28 in seiner Antwort bestärkt, indem er sagt, dass das Volumen (der Moleküle? der Atome?) so groß werde, dass es den Raum fülle. EN12 widerspricht, dass dann nur noch Eugenol im Raum sei und man nicht mehr atmen könne. Es folgt eine entsprechende Diskussion, in dessen Rahmen EE28 bereits zugesteht, dass es erst einmal um die Verteilung (A oder B) gehe. Der Aussage von LH14, dass Atome immer in der gleichen Größe bleiben würden, stimmt er letztendlich zu (**I, Gespräch**) und auch der Aussage, dass die Abstände der Moleküle größer würden (**I, Gespräch**). Im weiteren Verlauf benennt EE28 durch den Impuls A als gestärkt und B, C und D als geschwächt, was von EN12 bejaht wird. LH14 widerspricht, dass es für C und D sprechen könnte. Dieser Aussage widerspricht EE28, da bei einer Spaltung der Duftstoff kaputt gehe. Diese Aussage ist fachlich anerkannt, wurde jedoch in diesem Lernimpuls nicht gefordert. Entsprechend hoch ist die kognitive Leistung von EE28, über diesen Impuls auch Antwort C auszuschließen.
In *Lernimpuls 4* beginnt AS57, der Antwort D gewählt hat, mit der Nennung von Eigenschaften von Wasser. LH14 behauptet, dass es im Zimmer regnen würde, wenn sich Eugenol und Sauerstoff verbinden würden. EN12 verneint dies und antwortet auf die Stütze, dass sich doch Wasser bilde, mit „Na und." (16:58). EE28 versucht zu vermitteln, indem er sagt, dass es - übertrieben gesagt - stimme und es feucht würde. Auch dies verneint EN12, was jedoch ignoriert wird. LH14 schlussfolgert, dass D entkräftet sei, was von AS57 bestätigt wird (**I, Gespräch**). Damit gehen die Schüler zwar nicht den intendierten Weg des fehlenden Duftstoffes, jedoch gelangen sie auch über den gegangenen Weg zur intendiertes Lösung. Da ihnen bewusst ist, dass es eine übertriebene Vorstellung ist, die sie beschrieben haben, und sie prinzipiell auf fehlendes sichtbares Wasser zurückgeführt werden kann, wird dieser Weg als fachlich anerkannt angesehen.
In *Lernimpuls 5* wird von EE28 und EN12 die Tatsache einer Explosion erarbeitet, wobei EE28 jedoch anschließend fragt, was das Spalten von Wasser mit dem Spalten von Eugenol zu tun habe. EN12 antwortet verallgemeinernd, dass sich Moleküle beim Erhitzen nicht spalten würden. Es folgt eine Diskussion zwischen EE28 und EN12, in der der Unterschied zwischen Spaltung und Oxidation geklärt wird. In diese Diskussion steigt EE28 ein und sie verlagert sich dahingehend, dass bei einer Spaltung von Eugenol - ob in die einzelnen Atome oder in zwei Stoffe - auf jeden Fall neue Stoffe mit neuen Eigenschaften vorlägen und daher C geschwächt werde. Dies wird von allen Schülern anerkannt.
In *Lernimpuls 6* entwickeln EN12 und AS57 gemeinsam die intendierte Aussage, dass B, C und D entkräftet seien und somit A übrig bleibe (AD57: **E, Ausschluss**). Die Schüler LH14 und EE28 äußern sich diesbezüglich nicht.
In *Lernimpuls 7* erarbeiten EE28, EN12 und AS57 gemeinsam die Aussage, dass bei einer Aggregatzustandsänderung die Entfernung der Moleküle zueinander verändert werde,

der Stoff jedoch der gleiche bleibe, während bei einer chemischen Reaktion ein neuer Stoff entstehe. Wenn auch die chemische Reaktion nicht auf Teilchenebene definiert wird, gilt die Abstraktion der Erkenntnisse hier als erfolgreich.
In *Lernimpuls 8* benennt AS57 die Erkenntnis als bewiesen, da es gut argumentiert sei; EN12 benennt in der zweiten Frage das Ausschlussverfahren als gleiches Moment von Konzeption und naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Obwohl das Ausschlussverfahren genannt wird, gelingt den Schülern nicht die Transferleistung, die Antwort als nicht bewiesen, sondern nur nicht ausgeschlossen festzulegen. Fraglich ist hier jedoch, inwieweit der Beweis im Sinne einer reinen Stärkung gesehen wird.

Beschreibung der Gruppe LFS2

Tab. 40: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe LFS2)

	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				
Lernimpuls	AE31 (A)	NH77 (D)	HY42 (A)	DE12 (B)	Bezug
1	E				Selbst/Gespräch
1	rE				Selbst/Gespräch
1	E				Gespräch
1		I			Gespräch
1			I		Gespräch
1		I			Selbst
1			rI		Gespräch
1		R			Lernimpuls
2		I			Lernimpuls
2		E			Lernimpuls
2		I			Lernimpuls
3				I	Lernimpuls/Gespräch
3				E	Lernimpuls/Gespräch
4		I			Lernimpuls
4		E			Lernimpuls
6				E	-
6		E			-
6		E			Ausschluss

Hinweis: Kodierung zur Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

Lernimpuls 1 beginnt mit einem Gespräch zwischen NH77 und AE31, in dem NH77 Fragen zu der von ihm gewählten Antwort D stellt, wie beispielsweise die Frage, wie Eugenol mit Sauerstoff verbunden werde. NH77 beschreibt in diesem Zuge auch seine Vorstellung, dass zwischen den Eugenolmolekülen Verbindungen bestünden. Durch das Erhitzen bewegten sich die Moleküle schneller und der Abstand der Moleküle nehme ab. HY42 beschreibt seine Vorstellung zu Antwort A, die von AE31, der ebenfalls A gewählt hat, bestätigt wird. Dabei wird die Vorstellung klar von Antwort B abgegrenzt. Nachdem DE12 seine Vorstellung zu Antwort B beschrieben hat, stimmt AE31 diesem zu und sagt, dass er bei Antwort B am Anfang auch gezögert habe (**E, Selbst/Gespräch**). DE12 lenkt jedoch auch ein und sagt, dass es auch A sein könne, er jedoch eher B vertrete. HY42 und AE31 grenzen sich davon ab und sagen, dass sie glauben, dass es auf molekularer statt auf atomarer Ebene passiere (AE31: **rE, Selbst/Gespräch**). Auf die Frage von DE12, wieso es nicht auf atomarer Ebene passiere, lenkt AE31 ein und sagt, dass beides sein könne (**E, Gespräch**). NH77 sagt, dass er verstanden habe, dass D nicht richtig sein müsse, stellt seine Vorstellung jedoch vor. Es folgt eine Unterhaltung zwischen HY42 und AE31, wobei HY42 den Gedanken von NH77 aufgreift und die Oxidation von Eugenol als Möglichkeit beschreibt, dass der Duftstoff so erst gebildet bzw. durch die Hitze zur Reaktion angeregt werde (**I, Gespräch**). AE31 widerlegt dies, indem er darauf verweist, dass es bereits zu Beginn ein Duftstoff sei. Auch NH77 widerlegt eigenständig seine These, indem er auf das Phänomen des Verdunstens verweist (**I, Selbst**). HY42 stimmt diesem zu und ergänzt, dass Verdunsten heiße, dass es sich verflüchtigt (**rI, Gespräch**). Die Schüler einigen sich darauf, dass die Teilchenebene als Stütze gegen C und für A und B spreche. NH77 sieht über die Teilchenebene D ebenfalls gestärkt (**R, Lernimpuls**), AE31 jedoch nicht. Einem Konflikt wird aus dem Weg gegangen, indem D im Argumentationsbogen in Klammern gesetzt wird. Warum über die Stütze der Teilchenebene Antwort C ausgeschlossen wird, wird an dieser Stelle nicht weiter erläutert.

NH77 sagt zu Beginn des *Lernimpulses 2* direkt, dass es gegen seine Antwort spreche, da es ohne Luft verdunste (**I, Lernimpuls**). Bei A müsse es sich ausdehnen; diese Aussage wird von AE31 bestätigt. NH77 ergänzt, dass nur bei D das Volumen gleich bleibe, was von AE31 bestätigt wird. Nachdem der Versuch durchgeführt wurde, folgert NH77, dass seine Antwort falsch sei (**E, Lernimpuls**). HY42 widerspricht mit der Aussage, dass der Ballon nicht dicht und somit Luft enthalten war. Erst jetzt widerspricht er der anfangs aufgestellten These, dass der Ballon sich bei D nicht aufblähe. AE31 insistiert, dass kein Sauerstoff enthalten sei, was von HY42 dementiert wird. NH77 versucht zu schlichten, indem er sagt, dass sie davon ausgehen, dass kein Sauerstoff enthalten sei. Dann sei der Versuch nicht sinnvoll, so HY42. Auf diese Aussage wird nicht weiter eingegangen, sondern von allen Schüler festgestellt bzw. zugestimmt, dass der Lernimpuls für A und B und gegen D spreche (NH77: **I, Gespräch**). Anschließend wird auch C einstimmig als gestützt anerkannt. Hervorzuheben bei diesem Lernimpuls ist Schüler NH77, der direkt und ei-

genständig eine Stütze gegen seine eigene Antwort entwickelt und diese sogar gegen die Aussagen von HY42 verteidigt. Das Experiment scheint für NH77 entsprechend sehr überzeugend zu sein, sodass eine Konzeptentwicklung deutlich wird.

In *Lernimpuls 3* sagt AE31, dass die Atome zusammen bleiben müssten, damit es nach Nelke rieche. DE12, der Antwort B vertritt, schlussfolgert, dass man es sonst nicht mehr riechen könne (**I, Lernimpuls/Gespräch**) und dass daher Antwort B falsch sei (**E, Lernimpuls/Gespräch**). Auch hier widerspricht HY42, indem er sagt, dass die Atome ja nur weiter auseinander gingen, jedoch nicht getrennt würden. AE31 und NH77 benennen B dennoch als geschwächt, woraufhin HY42 insistiert, dass das Molekül doch erhalten bleibe. Diese Diskussion wird fortgeführt, wobei auch Vergleiche zu C und D mit jeweils verändertem Duft gezogen werden und auch in B sich das Molekül und damit der Duft ändere. Nach einiger Zeit lenkt HY42 ein, scheint jedoch nicht überzeugt. Auf die Aussage von AE31, dass es über das Ausschlussverfahren laufe und nach Antworten C und D jetzt Antwort B ausgeschlossen werde, sagt HY42, dass es zwar für die Aufgabenstellung gut, jedoch wissenschaftlich nicht richtig sei. Hier zeigt sich erneut die Besonderheit der Gruppe, dass es den Schülern NH77 und DE12 gelingt, ihre eigenen Vorstellungen zu widerlegen, jedoch HY42 Argumente gegen die von NH77 und DE12 geäußerten Stützen hervorzubringt. NH77 und DE12 scheinen von den Lernimpulsen und der damit einhergehenden Konzeptentwicklung jedoch so überzeugt, dass sie ihren neuen Standpunkt auch gegen die Argumente von HY42 verteidigen.

Auch in *Lernimpuls 4* benennt NH77 direkt, dass es gegen seine ursprüngliche Antwort D spreche und bestätigt AE31, dass sich die Eigenschaften ändern würden (NH77: **I, Lernimpuls**). Damit werde seine These entkräftet (**E, Lernimpuls**). Weiterhin gelingt NH77 hier die Transferleistung, dass auch C geschwächt werde, da auch nach einer Spaltung kein Geruch mehr vorläge. Damit sehen die Schüler A und B als gestärkt und C und D als geschwächt an und gehen damit gänzlich den intendierten Weg des Lernimpulses.

Lernimpuls 5 wird von Schüler HY42 geleitet, der zu Beginn die Entstehung von Sauerstoff und Wasserstoff benennt, sie als hochexplosiv charakterisiert und auf einem Gasherd eine Knallgasreaktion folgert. Auf Nachfragen seiner Mitschüler erklärt er es kleinschrittig und benennt den Raketenabtrieb als Beispiel für die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff.

In *Lernimpuls 6* benennen DE12 und NH77 A als Antwort (NH77: **E**; DE12: **E**), wobei NH77 ergänzt, dass B, C und D ausgeschlossen wurden. AE31 führt an, dass alles für A spreche, was von NH77 dahingehend umformuliert wird, dass nichts gegen A spreche (**E, Ausschluss**).

AE31 und HY42 erarbeiten in *Lernimpuls 7* gemeinsam die Definition für eine chemische Reaktion, dass aus ein oder mehreren Edukten ein oder mehrere Produkte entstehen. HY42 und DE12 grenzen diese Definition von einer Aggregatzustandsänderung ab, bei der kein neuer Stoff entstehe und daher auch Wasser aus den Wolken regne und nichts

anderes. AE31 konkretisiert dies auf Teilchenebene, indem er sagt, dass bei Aggregatzustandsänderung sich die Abstände der Teilchen verändern, während in chemischen Reaktionen Teilchen aufeinander träfen und neue Bindungen entstünden.
In *Lernimpuls 8* benennen die Schüler das Ausschlussverfahren als gemeinsames Merkmal von Doppelstunde und naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. HY42 fügt weiterhin an, dass man Antwortmöglichkeiten über Experimente beweise. Hier wird - wie in LFS1 - zwar das Ausschlussverfahren benannt, jedoch die Transferleistung, dass die übrig bleibende Antwort nicht bewiesen, sondern lediglich nicht widerlegt sei, nicht erbracht.

Beschreibung der Gruppe LFS3

Tab. 41: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe LFS3)

	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				
Lernimpuls	UT31 (D)	AR09 (A)	EB98 (B)	IM59 (A)	Bezug
3			I		Lernimpuls
3			I		Lernimpuls
4			I		Lernimpuls
4			R		-
4	I				Lernimpuls
6			E		Lernimpuls
7			E		Lernimpuls

Hinweis: Kodierung zur Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

Zu Beginn des *Lernimpulses 1* sagen UT31 (D) und IM59 (A), dass sie die Frage nicht beantworten bzw. die Aufgabe nicht machen könnten. Dies deutet darauf hin, dass sie sich ihrer eigenen Vorstellung nicht eindeutig klar sind. AR09 beginnt, seine Antwort A vorzustellen. Dieser entgegen stellt EB98 seine Antwort B und stützt sie über die Aussage, dass nach einer Destillation das Wasser frei von Keimen sei und daher die Abstände zwischen den Atomen größer sein müssten. UT31 benennt anschließend seine Antwort D und stützt sie, indem er sagt, dass der Luftsauerstoff den Geruch durch den Raum trage. AR09 hinterfragt dies, indem er fragt, ob es nicht auch zuvor schon gerochen habe. D würde nach ihm stimmen, wenn Eugenol vorher nicht riechen würde. Diese Diskussion wird nicht fortgeführt, sondern von IM59 unterbrochen, der fragt, ob sich alle einig seien, dass C ausgeschlossen sei. Dies wird von AR09 und EB98 bejaht. AR09 und EB98 vertreten weiterhin die jeweiligen Antworten A und B, ohne jedoch Stützen zu nennen. IM59 äußert

sich ebenfalls gegen B, was von AR09 über die Aussage gestützt wird, dass Antwort B nicht auf Teilchenebene, sondern innerhalb dieser geschehe. Im Argumentationsbogen werden die Antworten B, C und D mithilfe der Argumente der Teilchenebene bzw. der Brownschen Molekularbewegung als geschwächt vermerkt.

In *Lernimpuls 2* erarbeiten die Schüler UT31, AR09 und EB98 die Thesen gemeinsam: Nur bei Antwort D würde das Volumen des Ballons gleich bleiben, bei den anderen würde es sich vergrößern. Auf eine Nachfrage von UT31, wieso sich das Volumen bei C vergrößern würde, erhält er jedoch keine eindeutige Antwort. Nach dem Experiment folgert AR09, dass es für A, B und C und gegen D spreche, was von EB98 bestätigt wird. Erst jetzt fragt UT31, wieso es gegen D spreche, da es doch mit Luft reagiert habe. Dies wird von IM59 bestätigt, der ebenfalls behauptet, dass im Ballon Luft gewesen sei, da kein Vakuum herrsche. Hervorzuheben ist hier, dass UT31 selbst die These aufgestellt hat, dass das Volumen gleich bleibe und IM59 dahingehend keinen Widerspruch angeführt hat. Eine mögliche Erklärung ist, dass UT31, der Antwort D vertritt, diese Vorstellung nicht aufgeben will, sodass er hier eher die Informationen umdeutet. Trotz geeigneter These zu Beginn, wird hier keine Konzeptentwicklung von UT31 deutlich. Obwohl der Konflikt nicht gelöst wird, wird im Argumentationsbogen festgehalten, dass Antwort D geschwächt wird.

Schüler UT31 führt in *Lernimpuls 3* das Argument gegen B an, dass sich ein Eugenolmolekül nicht bewegen würde, es aber, damit man es riechen könne, sich durch den Raum bewegen müsse. Dies wird später von IM59 erneut geäußert. Auf die Frage von IM59, ob also B geschwächt werde, bestätigt EB98 dies und generiert eigenständig das Argument, dass man sonst nur Wasserstoff riechen würde (**I, Lernimpuls**). Aus den Aussagen folgert EB98 weiterhin, dass C geschwächt sei. Auch wenn die Stütze, dass nur Wasserstoff zu riechen sei, in diesem Sinne nicht stimmt, sondern die Formulierung z. B. lauten müsste, dass lediglich bestimmte Atome des Moleküls die Nase erreichen, wird das intendierte Ziel des Lernimpulses erreicht. Dabei gelingt es den Schülern, die Unwahrscheinlichkeit der größeren Abstände der Atome zu erfassen.

EB98 formuliert in *Lernimpuls 4* das Argument, dass D geschwächt werde, da die Produkte nicht nach Eugenol riechen, was von IM59 und AR09 bestätigt wird. EB98 folgert, dass A gestärkt werde, was von IM59 erweitert wird, indem er von A, B und C als gestärkt spricht. Auch AR09 spricht sich explizit für C als gestärkt aus und begründet dies mit der Aussage, dass bei einer Spaltung Wasser und Kohlenstoffdioxid entstünden und das heiße, dass sich die Moleküle spalten würden. EB98 widerlegt diese Überlegung, indem er erneut auf den Geruch von Wasser und Kohlenstoffdioxid verweist. Da AR09 dennoch auf C als gestärkt beharrt, nimmt EB98 C als gestärkt in den Argumentationsbogen auf. Parallel zu den letzten Aussagen läuft ein Gespräch von UT31 und IM59: UT31 greift den Gedanken auf einer Stärkung von C auf und schließt sich ihm an, da Sauerstoff und Wasser in der Luft seien (**I, Lernimpuls**). Die Aussage, dass C stimmen könnte, wird von IM59 mit der Aussage „Ja, wieso nicht“ (24:56) zumindest als eine Möglichkeit anerkannt. Die

Schüler diskutieren hier die Stärkung oder Schwächung von Antwort C und zumindest Schüler EB98 erkennt die Stütze gegen C, dass kein Geruch mehr vorläge. Dieser Konflikt wird jedoch nicht ausgetragen, sondern von EB98 dahingehend gelöst, dass C als gestärkt in den Argumentationsbogen aufgenommen wird.
In *Lernimpuls 5* folgert UT31, dass Wasserstoff explodieren würde, was von AR09 bestätigt und dahingehend konkretisiert wird, dass dies gegen Antwort C spreche. EB98 widerspricht diesem Gedankengang und benennt Wasser als bleibenden Stoff und nicht Wasserstoff als Produkt. Er sieht jedoch auch mithilfe dieses Gedankengangs C als geschwächt an. UT31 scheint von der Transferleistung seiner Aussage, dass Wasserstoff entstehe, auf die Aussage, dass C widerlegt sei, nicht überzeugt. EB98 entgegnet hier, dass es vergleichbar sei, da beide Stoffe nur erhitzt würden. Auch wenn UT31 dieses nicht bejaht, wird es als Argument gegen C in den Argumentationsbogen aufgenommen.
In *Lernimpuls 6* sagt IM59, dass alle Argumente für A sprechen würden, was von EB98 und UT31 bestätigt wird (EB98: **E**).
AR09 und EB98 erarbeiten in *Lernimpuls 7* gemeinsam die Aussage, dass bei einer chemischen Reaktion ein oder zwei neue Stoffe entstehen, während bei einem Aggregatzustandswechsel die Moleküle auseinander gehen. EB98 führt weiterhin aus, dass Kohlenstoffdioxid und Wasser nicht riechen und schlussfolgert, dass A bestätigt sei (**E**).
In *Lernimpuls 8* benennt IM59 die Antwort A als bewiesen. AR09 schränkt dies ein, indem er sagt, dass sie nicht bewiesen, sondern nie entkräftet sei. Beide Schüler erarbeiten gemeinsam das Ausschlussverfahren. UT31 stimmt am Ende zu, dass die Antwort begründet sei.

Beschreibung der Gruppe LFS4

Tab. 42: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe LFS4)

	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				
Lernimpuls	RV98 (B)	OL53 (A)	EK91 (B)	EN40 (A)	Bezug
1	I				Selbst
1	E				Selbst
1	R				Selbst
1	E				Gespräch
1	E / R				Gespräch
3	R				Lernimpuls
3			E		Gespräch
3	I				-

Lernimpuls	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn) RV98 (B)	OL53 (A)	EK91 (B)	EN40 (A)	Bezug
4		I			Lernimpuls
5	R				-
5		R			-
6	E				-
6				E	-
6	R				-
6				R	-
6		E			-
6				E	-
6		E / R			-
8	E				Ausschluss

Hinweis: Kodierung zur Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

Zu Beginn des *Lernimpulses 1* unterhalten sich OL53 und EN40 über die zeichnerischen Darstellung ihrer Antwort A. RB98, der B gewählt hat, benennt hier eigenständig, dass er die Aufgabe falsch gelesen habe (**I, Selbst**) und dass A richtig sei (**E, Selbst**). EN40 stützt dies über die Aussage, dass sich die Moleküle verbreiten müssten und dies am meisten bei Antwort A geschehe; dies sei mit der Molekularbewegung zu begründen. Die Ergänzung der Brownschen Molekularbewegung von RV98 verneint er. RV98 erläutert, dass seine Antwort (B) auf dem Gedanken der Brownschen Molekularbewegung basiere. OL53 beschreibt seine Antwort A, indem er sagt, dass der Stoff erwärme, sich Atome und Moleküle schneller bewegen würden, die Anziehungskräfte überschritten und somit die Moleküle oxidieren oder gasförmig würden. Die Aussage der Oxidation nimmt er nach kurzem Einwand von EV98 zurück. Daraufhin beschreibt RV98 seine Vorstellung von Antwort B (**R**) und begründet dieses im Folgenden mit der Stoßtheorie. EN40 widerspricht diesem, indem er sagt, dass die Stoßtheorie nicht bedeute, dass die Abstände der Atome innerhalb der Moleküle größer würden. OL53 stimmt diesem zu und ergänzt, dass es eher etwas mit den Wechselwirkungen zu tun habe. RV98 stimmt zu und nennt konkretisierend die Wechselwirkungen zwischen den Atomen. OL53 bestätigt dies, schränkt jedoch ein, dass die Wechselwirkungen zwischen den Molekülen wichtiger seien. RV98 folgert daraufhin, dass A und B beide stimmen könnten (**E, Gespräch**). Dieses bestätigt OL53, spricht sich jedoch eher für A aus (**E R, Gespräch**).

In *Lernimpuls 2* benennt Schüler OL53 die Hypothese für das Experiment in Bezug auf die Antworten A, B und C. Die Bitte von EN40, die Aufgabe zu erklären, erfüllen EV98 und OL53 und erarbeiten mit EN40 anschließend weiter die Hypothesen: Bei A und B nähme

das Volumen zu. Nach Durchführung des Experiments folgert RV98, dass sich die Vermutung, dass es A oder B sei, bestätigt habe, was von OL53 im Folgenden wiederholt und über die Aussage, dass es gegen C und D spreche, ergänzt wird.
RV98 beschreibt Antwort B mithilfe von *Lernimpuls 3* als gestärkt, da sich die Moleküle so weit ausbreiten würden, bis sie die andere Ecke des Zimmers erreichten. EN40 schränkt hier ein, dass A dieses auch sage. OL53 bestätigt dies und beschreibt A als aussagekräftiger, da die Moleküle sich ausbreiteten und so schneller verteilten. Im Folgenden schränkt er es weiter ein, indem er sagt, dass Lernimpuls 3 Antwort B weder stärke noch schwäche, was von RV98 bestätigt wird. Die folgende Aussage von OL53, dass es A stärke, wird jedoch von RV98 dahingehend ergänzt, dass es A und B stärke. OL53 versucht dieses zu widerlegen, indem er sagt, dass sich die Moleküle nicht verbreiten würden, nur weil die Atome weiter voneinander entfernt seien. Es folgt eine Diskussion über diese Thematik, an der sich auch EN40 verstärkt beteiligt und in der sich EK91, der sich ansonsten nahezu nicht beteiligt, für A und B ausspricht (**E, Gespräch**). Die Diskussion wird über einen Kompromiss beendet, indem gesagt wird, dass sich alle einig seien, dass die Abstände (von Atomen oder Molekülen) größer werden müssten. Erst danach lenkt RV98 ein, dass A aussagekräftiger sei (**I, Gespräch**) und es als schwaches Argument gegen B gelte. Diesem widerspricht OL53, indem er sagt, dass er nur für A und gegen nichts spreche. Diese Aussage wird auch im Argumentationsbogen übernommen. Auch wenn hier nicht der intendierte Weg gegangen wird, wird das intendierte Ziel erreicht und bei RV98 ein Ansatz einer Konzeptentwicklung deutlich.
In *Lernimpuls 4* werden zu Beginn zumeist Eigenschaften der Stoffe gesammelt, dabei äußern sich besonders Schüler RV98 und OL53. Im Zuge der Sammlung werden weitere Schülervorstellungen deutlich, wie zum Beispiel in der Aussage von OL53, dass Wasser flüssig oder gasförmig sei, jedoch eher flüssig, wenn es oxidiert ist. Gemeinsam mit seiner Aussage in Lernimpuls 1 ist zu vermuten, dass hier ein nicht anerkanntes Verständnis der Oxidation vorliegt, die er häufig auf den Aggregatzustand bezieht. Er sagt weiterhin, dass die Moleküle des Eugenols zu groß seien, um gasförmig zu sein, und es daher flüssig sei. Er sieht über diesen Lernimpuls D als gestärkt an, da Eugenol vollständig mit Sauerstoff reagiere; RV98 stimmt dieser Aussage zu. Im Anschluss jedoch benennt OL53 Wasser und Kohlenstoffdioxid als geruchsneutral und damit Antwort D als falsch. RV98 stimmt diesem zu und sieht gleichzeitig Antwort C gestärkt, da durch die Spaltung Kohlenstoffdioxid und Wasser entstünden. OL53 verneint dies: Kohlenstoffdioxid und Wasser entstünden nur, wenn Eugenol mit Sauerstoff reagiere, und dies laufe so nicht ab. Dabei verweist er über eine Geste auf den Ballon und damit auf Lernimpuls 2. Es spreche für A und B. Die anderen Schüler ergänzen, dass es gegen D spreche.
Lernimpuls 5 wird inhaltlich von RV98 und OL53 geführt. Dabei benennt OL53 als Spaltprodukte H und O. Da kein Knallgas entstehe, stimme C nicht. Im Folgenden reden die Schüler aneinander vorbei, da RV98 darauf beharrt, dass sie - nach Intention des Lernim-

pulses - Wasser spalten sollen, OL53 jedoch darauf beharrt, dass Wasser auch gasförmig Wasser bleibe. Am Ende der Diskussion erkennen sie, dass sie beide gegen Antwort C argumentieren. Daraufhin spricht sich RV98 für B aus (**R**), Schüler OL53 für A (**R**). RV98 behauptet, dass alles nur gegen C und D spreche, was von OL53 um B ergänzt wird. Gegen B hätten sie keine festen Tatsachen, sagt Schüler RV98, sondern sie hätten in Lernimpuls 3 nur gesagt, dass es eher für A spreche.

Diese Thematik wird in *Lernimpuls 6* weitergeführt, wobei RV98 sich hier dafür ausspricht, sich auf A zu einigen (**E**), was OL53 bestätigt. EN40 sagt, er glaube, dass B richtig sei, auch wenn er A gewählt hat und sie jetzt trotzdem A wählen würden (**E**). Auch RV98 widerspricht seiner vorigen Aussage und sagt, dass er auch B für richtig halte (**R**). EN40 revidiert nun auch seine Aussage und äußert widersprüchlich, dass A zu logisch sei, es aber sowieso A sei (**R**). Nun revidiert auch OL53 seine Aussage und nennt B als Alternative (**E**), woraufhin EN40 sich für B ausspricht (**E**). OL53 beendet die Diskussion, indem er sagt, dass es A oder B oder beides sei (**E R**). Gerade dieser letzte Lernimpuls zeigt, wie attraktiv für die Schüler sowohl Antwort A als auch Antwort B sind und gibt gleichzeitig den Hinweis, dass der Ausschluss von Antwort B nicht in jeden Fall überzeugend ist. Auch wenn sich Schüler OL53 in Lernimpuls 3 und 5 gegen B und Schüler RV98 in diesen Lernimpulsen für B ausgesprochen haben, scheinen sie sich am Ende nicht festlegen zu können oder zu wollen. Besonders bei EN40 scheint es, als wolle er sich nicht festlegen, um sich die Option der anerkannten Antwort offen zu halten.

Diese Tendenz bleibt auch in *Lernimpuls 7* bestehen, in der die Schüler die Aggregatzustandsänderung als Gleichbleiben des Stoffes von einer Reaktion unterscheiden, bei der ein neuer Stoff entsteht. Diese Definition der Aggregatzustandsänderung spricht laut OL53 für A und B und gegen C und D.

In *Lernimpuls 8* äußert RV98, dass sie kein Wissen zur Forschung von Chemikern hätten. OL53 beschreibt die Antwort als bewiesen; diese Aussage verwundert, da sich die Schüler letztendlich nicht definitiv auf eine Antwort geeinigt haben. RV98 fügt hinzu, dass C und D durch die Impulse 2 und 3 ausgeschlossen werden konnten und B ausgeschlossen werde, da in Lernimpuls 3 A bevorzugt werde. Damit sei Antwort A richtig (**E, Ausschluss**).

Beschreibung der Gruppe KLS3

Tab. 43: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe KLS3)

Lernimpuls	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn) IM23 (B)	HE61 (D)	AL61 (A)	AR12 (A)	Bezug
1	E				Gespräch
1			E		Gespräch
3	I				Lernimpuls
4		I			Lernimpuls
4		E			Lernimpuls
6	E				Lernimpuls
6	E				Ausschluss
6		E			Ausschluss

Hinweis: Kodierung zur Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

Lernimpuls 1 beginnt in dieser Gruppe damit, dass die Schüler ihre gewählten Antworten nennen, wobei AR12, der Antwort A gewählt hat, direkt sagt, dass es geraten sei bzw. ihm am logischsten erscheine, er es aber nicht begründen könne. IM23 spricht sich für Antwort B aus und grenzt sie dabei klar von Antwort A ab, die er als falsch bezeichnet. AR12 widerspricht und führt als Stütze gegen B an, dass der Stoff auch nach dem Verdampfen noch der gleiche sei. Nach weiterer Diskussion lenkt IM23 ein und benennt A und B als mögliche richtige Antworten (**E, Gespräch**), was von AL61, der anfangs A gewählt hatte, bestätigt wird (**E, Gespräch**). Auf eine nicht zu Ende ausgeführte Aussage von IM23 über Bindungen in und zwischen den Molekülen äußert AR12, dass es beim Wasser so sei, dass beim Verdampfen die (Wasserstoffbrücken-)Bindungen zwischen den Molekülen brechen würden. Dies wird von IM23 mit einem „Echt?“ (06:28) hinterfragt und ergänzt um die Aussage, dass es Wasser bleibe. Im Ganzen gibt es keinen direkten Hinweis auf den Ausschluss einer Antwort, jedoch ist eine Tendenz in Richtung Antwort A zu erkennen. Nach Intention verläuft der Impuls dahingehend, dass die Schüler sich austauschen und über ihre Vorstellungen diskutieren.

In *Lernimpuls 2* erarbeiten die Schüler gemeinsam die Hypothesen, wobei sich Schüler HE61 auch hier zurückhält. Bei A und B werde das Volumen größer. Bei Antwort C nennen die Schüler anfangs das Verkleinern oder Gleichbleiben des Ballons, was jedoch AL61 verneint und von IM23 bestätigt wird. Auf die Frage von AR12, wieso es bei C zunehme, gibt HE61 die anerkannte Begründung, dass der Stoff durch die Spaltung mehr Platz einnehme. Anschließend stellt IM23 die These auf, dass Antwort B und C die gleiche Antwort sei, was von AR12 verneint wird, da bei B die Brückenbindungen erhalten blieben. IM23

ist dahingehend zuzustimmen, dass eine Ausdehnung der Bindungen in einem Bindungsbruch resultieren würde. Die Aussage von AR12 nimmt IM23 zwar an, jedoch ist diese fachlich nicht anerkannt. Nach Durchführung des Versuch schlussfolgert AR12, dass es A, B oder C sein müsse, was von IM23 bestätigt wird. D wird von IM23 und AR12 als widerlegt angesehen. Nach erneutem Besprechen der Schlussfolgerungen führt IM23 an, dass alle Antworten richtig sein könnten. Im Argumentationsbogen werden A, B und C als gestärkt aufgenommen.

IM23, der B anfangs gewählt hatte, nennt in *Lernimpuls 3* direkt die Stütze gegen B, dass überall nur Teile des Moleküls seien und damit nicht der Duft auftrete, der durch das ganze Molekül ausgelöst werde (**I, Lernimpuls**). Dieses Argument ist dahingehend hervorzuheben, dass es vergleichsweise schwierig zu generieren ist und von einem Schüler genannt wird, der diese Antwort vertritt. Es wird von den anderen Schülern bestätigt. AL61 schließt weiterhin C aus, was ebenfalls von AR12 und HE61 bestätigt wird.

In *Lernimpuls 4* äußert sich HE61 vergleichsweise häufig und beschreibt, dass nach der Reaktion kein Geruch mehr vorliege (**I, Lernimpuls**). Dieses Argument wird von AL61 gestützt, indem entsprechende Eigenschaften der Stoffe genannt werden. HE61 benennt damit seine Antwort D als widerlegt (**E, Lernimpuls**). Diese Aussagen sind positiv hervorzuheben, da sich HE61 relativ wenig am Gespräch beteiligt, jedoch fachlich stets anerkannte Argumente und Aussagen äußert und es ihm hier gelingt, ein Argument gegen die eigene Antwort zu entwickeln. Die Schüler schlussfolgern, dass insgesamt A am wahrscheinlichsten sei.

Lernimpuls 5 wird von den Schülern gemeinsam und auf intendiertem Weg bearbeitet. Dabei gehen sie den direkten Weg von der Entstehung von Sauerstoff und Wasserstoff oder über Explosion des Knallgasgemisches zur Schlussfolgerung, dass C widerlegt sei.

In *Lernimpuls 6* benennen sie jeweils die ausgeschlossenen Antworten sowie die entsprechenden Lernimpulse. Dabei führt Schüler IM23 Antwort B als über Lernimpuls 3 widerlegt an (**E, Lernimpuls**). Über dieses Ausschlussverfahren, welches von allen Schülern benannt bzw. bestätigt wird, gelangen sie zu Antwort A (IM23: **E**; HE61: **E**).

Lernimpuls 7 wird anfangs primär von IM23 und HE61 bearbeitet. Sie erarbeiten die räumliche Differenz der Moleküle als Merkmal einer Aggregatzustandsänderung. Bei einer chemischen Reaktion verändert sich nach HE61 die Zusammensetzung der verschiedenen Stoffe. Auch wenn hier die Charakterisierung einer chemischen Reaktion auf Teilchenebene nicht explizit genannt wird, gilt der Impuls als nach Intention bearbeitet.

In *Lernimpuls 8* benennen die Schüler Antwort A als bestätigt, da B, C und D ausgeschlossen worden seien. Dieses Ausschlussverfahren erkennen sie als gemeinsames Merkmal von Konzeption und Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften. Dabei benennen sie weiterhin die Tatsache verschiedener Thesen, die widerlegt oder gestärkt werden.

Beschreibung der Gruppe KLS5

Tab. 44: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe KLS5)

Lernimpuls	Konzeptentwicklung einzelner Schüler (Auswahlantwort zu Beginn)				Bezug
	EE70 (A)	IL45 (C)	EA35 (A)	OC61 (B)	
1		I			Lernimpuls
1		R			Selbst
1			I		Selbst
1		E			Selbst
2		E			Selbst
2				I	Lernimpuls
3				R	-
3				I	Gespräch
6				E	Gespräch

Hinweis: Kodierung zur Konzeptentwicklung siehe Tabelle 34

Der *Lernimpuls 1* beginnt in KLS5 mit dem Nennen der Antworten, wobei keine Stütze geäußert wird. Direkt zu Beginn lacht IL45 wegen EA35s Antwort C - ein Verhalten, welches sich im Folgenden häufig zeigt. EE70 benennt A als richtig und grenzt es von B ab, indem er sagt, dass sich Atome nicht ausdehnen können. EA35 bestätigt dies, indem er sagt, dass sie sich lediglich bewegen. Er sagt ebenso, dass die Abstände der Moleküle größer werden sowie dass sich Moleküle nicht spalten. IL45 bleibt bei seinem Standpunkt C und erklärt, dass sich die Eigenschaften verändern, es mit Luft reagiere und sich so Aromastoffe abspalten würden. OC61 benennt seine Antwort B, sagt jedoch, dass er nicht wisse wieso. Seine Aussage findet keine Beachtung. Als die Schüler die Zeichnung beginnen, äußert IL45 Zweifel, da er die Antwort nicht erklären könne (**I, Lernimpuls**), behält jedoch seinen Standpunkt bei (**R**). Nach einer Diskussion von EE70 und EA35, wie Antwort A dargestellt werden kann, zieht IL45 den Vergleich, dass bei ihm die Abstände so groß würden, dass das Molekül auseinander fiele. Hier lenkt EA35 ein, dass sich vielleicht doch Aromateilchen abspalten würden und so der Duft freigesetzt werde (**I, Selbst**). Im weiteren Verlauf erkennt IL45 jedoch, dass Antwort C falsch sei (**E, Selbst**): Er habe gedacht, dass Eugenol sich in Duftstoff und weiteren Stoff spalte, jedoch sei Eugenol bereits der Duftstoff. EA35, anscheinend noch immer amüsiert über die Vorstellung der Antwort C, beharrt darauf, dass IL45 seine Meinung nicht ändern dürfe, was von IL45 verneint wird, indem er sagt, dass es nicht ginge und EA35 Recht habe. OC61 benennt B erneut als Antwort und stützt sie über die Aussage, dass Wasserdampf mehr Platz einnehme und daher auch die Atome mehr Platz einnehmen müssten. In diesem Lernimpuls überneh-

men die Schüler kein Argument in den Argumentationsbogen. Hervorzuheben ist hier IL45, der seine Antwort aufgrund eines Verstehensfehlers der Aufgabe bzw. des Kontextes eigenständig und ohne Input der Lernimpulse verändert. Eine Diskussion über die Antworten sowie entsprechende Stützen gelingt den Schülern hier nur bedingt: So wird beispielsweise OC61 mit der Aussage für B ignoriert.

In *Lernimpuls 2* sagt OC61, dass das Volumen gleich bleibe, was von IL45 verneint wird; IL45 sagt, dass es verdunste, was wiederum von OC61 verneint wird. Hier werden weder Stützen genannt noch wird sich auf Auswahlantworten bezogen. Auf die Frage von OC61, wieso IL45 jetzt A habe, sagt er, dass er seine Meinung geändert habe, da C nicht sein könne (**E, Selbst**). EE70 sagt, dass das Volumen bei A zunehmen müsse. Die anderen Auswahlantworten werden nicht besprochen. Nach der Durchführung des Experiments folgert OC61, dass seine Antwort B falsch sei, da sich das Volumen vergrößert habe. Aus welchem Grund OC61 davon ausgeht, dass Aceton im Ballon nicht verdampfen würde (siehe Aussage oben), wird nicht deutlich. Er sieht seine Antwort auf Basis unpassender Evidenz als widerlegt an. EE70 und EA35 sehen sich in Antwort A gestärkt. IL45 sagt, dass B, C und D nicht mit der Volumenzunahme vereinbar seien, was von EA35 und OC61 bestätigt wird (OC61: **I, Lernimpuls**). IL45 korrigiert sich, indem er behauptet, dass B zwar auch falsch sei, aber nicht gegen die Volumenzunahme spreche. Im Argumentationsbogen werden entsprechend A und B als gestärkt und C und D als geschwächt vermerkt.

IL45 äußert in *Lernimpuls 3* das Argument, dass B geschwächt werde, da bei Antwort B *die* (Atome? Moleküle?) relativ eng beieinander bleiben würden, während sich bei A mit dem vergrößerten Molekülabstand die ganze Duftwolke vergrößern würde. Diese Argumentation wird von OC61 ungestützt verneint, gefolgt von einem Themenwechsel, bei dem A als gestärkt thematisiert wird. Im weiteren Verlauf versucht IL45 stetig das genannte Argument zu wiederholen und zu konkretisieren, wird jedoch häufig von Off-Topic-Aussagen unterbrochen und wenig beachtet. Nach erneuter Nennung des Arguments wird es von OC61 erneut verneint, indem er behauptet, dass sich die Duftwolke auch bei B ausbreiten würde. Nach weiterem ungestützten Beharren von IL45 und OC61 lenkt OC61 schließlich ein und bezeichnet B als geschwächt (**I, Gespräch**).

In *Lernimpuls 4* sagt OC61, dass im Ballon kein Wasser entstehe. Die Aussage des fehlenden sichtbaren Wassers wurde als Stütze gegen D anerkannt, wenn sie auf die Duftlampe bezogen wurde. Im Ballon kann jedoch kein Wasser entstehen, da kein Sauerstoff enthalten ist. OC61 schränkt die Aussage selbst ein, indem er sagt, dass aber Kohlenstoffdioxid entstehen könne, was nicht weiter beachtet wird. IL45 benennt statt dessen Eigenschaften, die von OC61 ergänzt werden. IL45 folgert, dass sich die Informationen und Auswahlantwort D widersprechen, benennt jedoch die Schlussregel nicht. An dieser Stelle wird nicht ersichtlich, dass IL45 den Zusammenhang verstanden hat. Auch EE70 äußert

anschließend, dass sie den Lernimpuls 4 nicht verstehen würden. Im Argumentationsbogen wird als Argument aufgenommen, dass die Erkenntnisse D widersprechen.
In *Lernimpuls 5* erarbeiten EE70, EA35 und IL45, dass durch eine Spaltung „zwei H-Atome und ein Sauerstoffatom“ (42:33) entstehen könnten. IL45 folgert daraus, dass es Eugenol widerspreche, „warum auch immer“ (42:44). Wie auch in Lernimpuls 4 zieht IL45 eine Schlussfolgerung, ohne eine Stütze zu nennen. Eine begründete Wahl seiner Antwort scheint damit wenig wahrscheinlich. Erst EE70 sagt, dass es über einer offenen Flamme reagieren und explodieren würde, woraufhin OC61 folgert, dass C geschwächt werde.
IL45 benennt in *Lernimpuls 6* Antwort A als diejenige, für die sie sich entscheiden, was von EE70 bestätigt wird. Als Stütze nennt IL45, dass alle außer OC61 für A seien. Dies wird von OC61 angenommen (**E, Gespräch**).
Lernimpuls 7 wird zumeist von EE70 bearbeitet: Bei einer Reaktion entstünden neue Stoffe, beim Aggregatzustandswechsel verändere sich das Molekül. Diese Aussage verändert er im Folgenden dahingehend, dass bei einer Aggregatzustandsänderung die Abstände zwischen den Molekülen größer oder kleiner würden, was von OC61 bestätigt wird.
In *Lernimpuls 8* wird die Antwort von EE70 als bewiesen angesehen und von IL45 bestätigt. Als Stütze nennt EE70, dass alle die Antwort nachvollziehen können. Die zweite Aufgabe wird von den Schülern nicht bearbeitet. Ob über die Bearbeitung der zweiten Aufgabe auch eine Veränderung der Antwort zur ersten Frage erfolgt wäre, bleibt unklar.

KF-2.6 i) Wie hilfreich empfinden Schüler die Lernimpulse in Bezug auf die Bearbeitung der Aufgabe?
i) Wie hilfreich empfinden Schüler die Aussagen der Mitschüler in Bezug auf die Bearbeitung der Aufgabe?

Die These KF-2, dass Schülervorstellungen durch Bewusstmachung sowie durch über Lernimpulse unterstützte Aushandlung verändert werden können, wurde bereits bestätigt. Die Frage ist, welche Faktoren - Lernimpulse oder Aussagen anderer Schüler - den Schülern bei der Konzeptentwicklung als hilfreich erschienen. Diese Frage wird über zwei Items des Reflexionsbogens (Kap. 5.2.5.4) analysiert. Diese lauten

1. Besonders hilfreich für das Lösen der Aufgabe waren die Lernimpulse.
2. Besonders hilfreich für das Lösen der Aufgabe waren die Aussagen der anderen Schüler.

Erhoben wurden die Vorstellungen der Schüler hier über eine vierstufige Likert-Skala von 1=trifft zu bis 4=trifft nicht zu. Sie sind in Tabelle 45 unter Einbezug der Chemienote dargestellt. Nach einer Beschreibung der Tendenzen wird im Folgenden weiterhin ein Bezug zur Chemienote hergestellt.

Tab. 45: Bewertung der Lernimpulse/Aussagen der Schüler

Gruppe	Schüler	Auswahlantwort (Eugenolaufgabe) zu Beginn	Frage 1 (Lernimpulse hilfreich)	Frage 2 (Aussagen der Mitschüler hilfreich)	Chemienote
Schl1	C105	C	3	1	1
	C115	D	2	1	2
	C106	D	2	1	3
	C112	B	2	3	3
Schl2	C120	C	3	1	3
	C104	A	4	4	2
	C128	D	2	1	3
	C129	D	2	2	2
Schl3	C107	D	1	1	2
	C123	D	3	1	2
	C113	B	2	1	3
	C121	C	2	2	2
Schl4	C119	A	2	1	2
	C126	C	3	2	2
	C127	D	2	2	2
	C132	B	2	1	3
LFS1	LH14	A	4	4	1
	EN12	A	3	4	2
	EE28	B	2	2	2
	AS57	D	1	1	4
LFS2	NH77	D	2	3	1
	HY42	A	2	-	1
	AE31	A	1	2	1
	DE12	B	2	1	4
LFS3	UT31	D	4	4	3
	IM59	A	3	4	2
	EB98	B	2	1	2
	AR09	A	2	1	3

Gruppe	Schüler	Auswahlantwort (Eugenolaufgabe) zu Beginn	Frage 1 (Lernimpulse hilfreich)	Frage 2 (Aussagen der Mitschüler hilfreich)	Chemienote
LFS4	EN40*	A			
	EK91*	B			4
	OL53	A	3	4	2
	RV98	B	2	4	2
KLS3	HE61	D	1	2	1
	AL61	A	1	2	1
	IM23	B	2	2	2
	AR12	A	2	3	2
KLS5	CC61	B	3	2	2
	EE70	A	2	2	2
	EA35	A	3	1	2
	IL45	C	1	1	2

Legende:
Zahlen repräsentieren Auswahl einer Likert-Skala von 1=trifft zu bis 4=trifft nicht zu.
*: Reflexionsbogen wurde nicht abgegeben bzw. ein Muster angekreuzt und somit nicht gewertet

Bei der Auswertung wird unterschieden zwischen Schülern mit anerkannter Auswahlantwort bei der Eugenolaufgabe und Schülern mit nicht anerkannter Auswahlantwort, da Schüler mit anerkannter Antwort vermutlich weniger Hilfe durch Lernimpulse oder Mitschüler benötigen. Die Schüler C104, LH14, EN12 und OL53 haben A angekreuzt und stimmen den Aussagen, dass Lernimpulse oder Aussagen von Mitschülern geholfen haben, nicht oder eher nicht zu. Dies war dahingehend zu erwarten, dass es Schüler gibt, die ein fachlich anerkanntes Konzept vertreten und von diesem auch überzeugt sind. Können sie weiterhin auch die anderen Antworten ausschließen, so benötigen sie weder Lernimpulse noch Erklärungen ihrer Mitschüler. Es gibt jedoch auch Schüler, die Antwort A gewählt haben, aber dennoch den Aussagen zustimmen oder eher zustimmen; dies sind C119, AE31, AR09, AL61, EE70. Die Schüler AR12, EA35 und HY42 zeigen sich (eher) zustimmend sowie in einer Frage eher nicht zustimmend oder ohne Antwort. Diese acht Schüler scheinen trotz fachlich anerkannter Antwort die Hilfe von Lernimpulsen bzw. Mitschülern in Anspruch genommen zu haben und schätzen diese als hilfreich für die Bearbeitung der Aufgabe ein. Berechnet man die Mittelwerte aller Schüler mit Antwort A, so wird bei der Frage nach der Hilfe der Lernimpulse der Wert 2,5, bei der Frage nach der Hilfe der Aussagen der Mitschüler der Wert 2,7 erreicht. Dies zeigt im Ganzen, dass für die Schüler trotz fachlich anerkannter Antwort die angebotene Hilfe in Form der Lernim-

pulse sowie über die Mitschüler in Ansätzen angenommen und als hilfreich anerkannt wird.

Bei den Schülern, die eine fachlich nicht anerkannte Antwort zu Beginn gewählt haben, liegen die Mittelwerte bei 2,1 für die Lernimpulse sowie 1,7 für die Aussagen der Mitschüler. Dies zeigt, dass die Lernimpulse als Hilfe anerkannt und angenommen, dass jedoch gerade die Aussagen der Mitschüler als hilfreich empfunden wurden. Dies stützt die Annahme der kollaborativen Arbeitsweise, über die eine Konzeptentwicklung gefördert werden soll. Schüler mit nicht anerkannten Konzepten sowie schwächere Schüler (gemessen an der Chemienote) sehen die Aussagen der Mitschüler als hilfreicher an als die Lernimpulse. Es besteht die Vermutung, dass die Lernimpulse einige überfordern und sie somit auf die Hilfe der Mitschüler angewiesen sind.

Bei den Schülern mit sehr guter Note ist die Verteilung ausgeglichener: C105, NH77 und HE61, die nicht A gewählt haben, kreuzten für Lernimpulse und Aussagen von Mitschülern 3-1, 2-3 und 1-2 an, sodass keine Tendenz zu erkennen ist. LH14, HY42, AE31 und HE61, die alle eine sehr gute Chemienote aufweisen sowie die Antwort A angekreuzt haben, kreuzten 4-4, 2-x, 1-2 und 1-2 an. In der Tendenz scheinen diese Schüler entsprechend eher die Lernimpulse als Hilfe und in geringerem Maße die Aussagen von Mitschülern als Hilfe empfunden zu haben. Schüler LH14 ist dahingehend eine Besonderheit, als dass er weder Lernimpulse noch Mitschüler als hilfreich empfunden hat. Über diese Ergebnisse kann die These generiert werden, dass gerade schwächere Schüler die Lernimpulse zwar als Hilfe empfinden, jedoch die Aussagen der Mitschüler als noch hilfreicher. Schüler mit fachlich anerkannter Antwort empfinden - bei nicht völliger Sicherheit in der Thematik - eher die Lernimpulse als hilfreich, während jene, die sich der Thematik sicher sind, weder Lernimpulse noch Aussagen von Mitschülern benötigen, um die Aufgabe zu bearbeiten.

6.1.4 Fazit zu „Veränderung von Schülervorstellungen zum Verdampfungsvorgang“

Die Vorhersage im Rahmen des theoretischen Vorhersagesystems lautete, dass durch Bewusstmachung sowie durch über Lernimpulse unterstützte Aushandlung Schülervorstellungen verändert werden können.

Bereits die Zahlen deuten an, dass eine Konzeptentwicklung bei der Mehrheit der Schüler stattgefunden hat: 22 der 26 Schüler, die anfangs eine fachlich nicht anerkannte Antwort gewählt haben, entscheiden sich am Ende für die anerkannte. Über diese Zahlen nicht darstellbar ist das zugrundeliegende Konzept der Schüler sowie der gegangene Lernweg, sodass sich eine qualitative Analyse des Lernprozesses anschloss. Während der Einigung nennt etwa die Hälfte der Schüler eine Stütze; diese umfasst zumeist das Ausschlussverfahren sowie in etwas geringerem Maße inhaltliche Aspekte. Als inhaltliche Aspekte werden Teilchengeschwindigkeit, Teilchenbewegung sowie die Brownsche Molekularbewe-

gung genannt. Diese Konzepte werden während der Konzeption nicht durch Lernimpulse thematisiert, sodass an dieser Stelle deutlich wird, dass bereits bestehende Konzepte neu geordnet bzw. in neuen Kontexten angewendet werden. Basierend auf den Griceschen Gesprächsmaximen war zu erwarten, dass nicht jeder Schüler am Ende eine Stütze äußert, da diese sich unter Umständen wiederholen würden und somit ein uninformativer Gesprächsakt getätigt würde. In Hinblick auf die Stützen ist jedoch festzuhalten, dass sich jede Gruppe begründet entschieden hat. Die fehlenden Aussagen einiger Schüler werden als stumme Zustimmung gewertet, da sich auf dem Reflexionsbogen alle Schüler, deren Gruppen sich auf A geeinigt haben, ebenfalls für A entscheiden.

Die im Vergleich zu inhaltlichen Aspekten häufiger genannte Stütze des Ausschlussverfahrens liegt in der Konzeption selbst begründet, die dieses Vorgehen intendiert. Daher wird es als positiv bewertet, dass das Ausschlussverfahren von den Schüler erkannt und benannt wird. Auf diesen Aspekt wird in Kapitel 6.3 sowie im Kapitel 7 zu Vorstellungen über NOS näher eingegangen.

Eine besondere Rolle spielen die Schüler, deren Antwort von einer nicht anerkannten zu einer anerkannten wechselte; die Frage war, ob sie diese neue Auswahlantwort nach der Konzeption fachlich anerkannt stützen können. Dafür wurden vier Stützungslevel definiert, die nicht wertend konnotiert sind, sondern beschreiben, inwieweit Schüler ihre Antworten stützen; diese Level reichen von 0 (keine fachlich anerkannte Stütze) bis 4 (fachlich anerkannte Stütze sowie gestützter Ausschluss der ursprünglichen sowie einer weiteren nicht anerkannten Antwort). Sieben von 32 Schülern wurden dem Level 0 zugeordnet. Diese Zahl muss dahingehend relativiert werden, dass von diesen sieben Schülern vier sowohl ihre eigene als auch eine weitere nicht anerkannten Antwort gestützt ausschlossen, also vermutlich ihre ursprüngliche Vorstellung veränderten. Da sie sich jedoch nicht gestützt für A aussprachen, wurden sie Level 0 zugeordnet. Je zwei Schüler wurden Level 1, 2 und 3 zugeordnet. Der größte Teil der Schüler (9) entsprach Level 4. Eine Grenze der Aussagekraft besteht darin, dass nur genannte bzw. aufgeschriebene Aussagen interpretiert werden können. Über die eigentlichen Fähigkeiten des Stützens ist an dieser Stelle keine Aussage möglich.

Die hier beschriebene Kategorisierung basiert auf fachlich anerkannten Stützen. Es ist jedoch theoretisch möglich, dass auch auf Basis von fachlich nicht anerkannten oder fehlenden Stützen Schüler von der fachlich anerkannten Antwort überzeugt sind. Daher wurde die Frage der Überzeugung separat behandelt und fachlich nicht anerkannte Stützen einbezogen. Hier ergab sich, dass 14 Schüler überzeugt sind; 5 Schüler sind eingeschränkt überzeugt und drei Schüler gelten als nicht überzeugt. Auffällig ist bei diesen drei, dass sie (- wie auch alle anderen Schüler, die sich in der Gruppe auf Antwort A geeinigt haben) im Reflexionsbogen Antwort A wählen, obwohl es während des Gesprächs Indizien gab, dass sie nicht überzeugt sind. Eine mögliche Erklärung für dieses Verhalten

ist eine Art Rebellieren gegen die Meinung der Gruppe oder auch ein Sichergehen-Wollen in dem Sinne, dass sie sich zwei Optionen offenhalten.
Im Vergleich von Stützungslevel und Überzeugung bezüglich der Antwort wird deutlich, dass auch Schüler auf Stützungslevel 0 von der Antwort überzeugt zu sein scheinen. In der Tendenz nimmt die Sicherheit der Antwort mit steigendem Stützungslevel zu. Somit lässt sich schlussfolgern, dass aus der reinen Betrachtung der genannten Stützen noch keine Prognose über die Überzeugung eines Schülers abgeleitet werden kann.
Bereits über die Länge der Beschreibung der Konzeptentwicklungen und der Lernwege lässt sich deren Komplexität erahnen. Die jeweiligen Tabellen, anhand derer die Konzeptentwicklungen kodiert wurden, zeugen von einer starken Differenz und Individualität der Lernwege. Insgesamt kann festgehalten werden, dass keine Muster im engeren Sinne zu erkennen sind: Konzeptentwicklungen können, aber müssen nicht während eines entsprechenden Lernimpulses stattfinden. Sie können schrittweise über eine anfangs implizite und dann explizite Beschreibung dieser erfolgen oder auch direkt explizit geäußert werden. Veränderungen können sich auf Basis eigener Gedanken, aber auch anhand der Lernimpulse und Gespräche entwickeln. Die von den Schülern getätigten Einschätzungen bezüglich der Hilfe von Lernimpulsen bzw. Aussagen der Mitschüler deuten darauf hin, dass gerade schwächere Schüler (schlechtere Chemienote) von den Mitschülern profitieren, während leistungsstärkere Schüler (bessere Chemienote) die Lernimpulse als hilfreicher einschätzen.
Eine Konzeptentwicklung beginnt bei einigen Schülern bereits in Lernimpuls 1, also zu dem Zeitpunkt, an dem sie aufgefordert werden, ihre Vorstellung zeichnerisch darzustellen und zu beschreiben. Die Entwicklung gründet beispielsweise auf dem Erkennen, dass sich das Molekül nicht - wie gedacht - spalten kann, oder auch an der Tatsache, dass ein Schüler sich verlesen bzw. den Text missverstanden hat. Insgesamt zeigt sich der Lernimpuls als sinnvoll, da bereits hier eine Reflexion der Vorstellung einsetzt, wie sie über das reine Ankreuzen nicht bei allen Schülern erreicht wird. Sowohl in Lernimpuls 1 als auch in den weiteren Lernimpulsen sind intendierte Lernwege zu erkennen. Im Positiven äußert sich dieses beispielsweise über das Erarbeiten von Argumentationen gegen bestimmte Antworten. Hervorzuheben sind hierbei eigenständig erarbeitete Argumentationen gegen die eigene Antwort, was als hohe kognitive Leistung gilt. Zu erkennen ist jedoch auch die Tendenz, an der ursprünglichen Antwort festhalten zu wollen, wie es beispielsweise in Schl2 und Schl3 deutlich wird. Dieses Phänomen kann sich z. B. über die Rückkehr zur eigenen Antwort (R) zeigen, wenn Daten und Informationen umgedeutet werden, um die eigene Vorstellung aufrecht erhalten zu können. (Genaueres hierzu vgl. Kap. 6.1.3) Dieses Phänomen bedeutet jedoch nicht, dass die Schüler nicht einer Veränderung der Vorstellung offen gegenüber stehen und die Aufgabe als Herausforderung im Sinne einer wettbewerbsähnlichen Aufgabe sehen: So zeigt beispielsweise Schüler C127 in Schl4 eine hohe Motivation, jeden Lernimpuls dahingehend zu lösen, dass eine sinnvol-

le Argumentation entwickelt wird. Dabei gehen die Schüler nicht gegeneinander vor, sondern zeigen kollaborative Anteile in dem Sinne, dass sie das gemeinsame Ziel einer Lösung zu haben scheinen, und nicht das Ziel, die Mitschüler zu überzeugen. (Genaueres dazu vgl. Kap. 6.4.)

Die explizite Äußerung einer Konzeptentwicklung wird nicht unbedingt während des entsprechenden Impulses getätigt. Häufig geschieht dies erst während der Einigung (Lernimpuls 6), der Abstraktion (Lernimpuls 7) oder teilweise erst während der Transferleistung zu NOS (Lernimpuls 8). Dies deutet darauf hin, dass auch Einigung und Anwendung wichtige Elemente im Konzeptentwicklungsprozess sind, da hier das veränderte Konzept benannt und angewendet werden kann.

Insgesamt kann als Fazit gezogen werden, dass über Aushandlung sowie Lernimpulse Schülervorstellungen verändert werden können. Die Lernimpulse bieten den Schülern die Möglichkeit, an bestehendem Wissen anzuknüpfen und dieses neu anzuwenden, um Argumentationen zu generieren. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Schüler die durch die Lernimpulse intendierten Lernwege gehen, wobei die konkrete Realisierung höchst individuell und different verläuft.

6.1.5 Umgang mit anormalen Daten

KF-3 ***Schülervorstellungen sind stabil und schwierig zu verändern. Anormale Daten werden nicht als solche erkannt.***

KF-3.1 **i) Wie häufig führt ein Schüler im Vergleich zu allen geäußerten Argumenten ein Argument an, das seiner ursprünglichen Antwort widerspricht?**

ii) Welche Stützen, die laut Schülern einer Antwort widersprechen, werden angeführt?

iii) Sind die erkannten Widersprüche fachlich anerkannt?

Auch in dieser Frage wird ein Argument im Sinne einer Behauptung/Schlussfolgerung sowie einer Stütze untersucht. Im Gegensatz zu Tab. 27 (S. 145), in der lediglich auf erwartete Argumente fokussiert und nicht zwischen keiner bzw. einer nicht anerkannten Stütze unterschieden wird, wird hier dahingehend differenziert. Die Stützen werden an dieser Stelle inhaltlich bewertet; Zirkelschlüsse etc. werden nicht als Stützen angesehen, auch wenn sie grammatikalisch als Stützen formuliert sind. In Tabelle 46 wird die Anzahl genannter Argumente dargestellt. Schüler, die bereits zu Beginn die fachlich anerkannte Antwort ausgewählt haben, nennen vermutlich weniger Argumente gegen die eigene Antwort; um diese Gruppe an Schülern zu kennzeichnen, sind sie in grau gedruckt.

Tab. 46: Anzahl genannter Argumente

Schüler	1)	2)	Schüler	1)	2)	Schüler	1)	2)	Schüler	1)	2)
EN40	0	0	AL61	5/4	0	OC61	4/1	1/0	IM23	4/3	1/1
C126	2/0	0	LH14	5/5	0	RV98	11/5	1/0	IL45	6/2	1/1
C112	3/1	0	C104	6/4	0	C121	12/2	1/0	EB98	7/5	2/0
EE70	3/2	0	AR09	7/5	0	C107	14/1	1/0	C113	10/3	2/0
EA35	3/2	0	EN12	7/7	0	C128	1/0	1/1	C129	5/2	2/1
EK91	3/2	0	AR12	9/9	0	C120	2/1	1/1	C123	11/0	2/1
UT31	4/0	0	C119	9/6	0	DE12	2/2	1/1	C106	2/2	2/2
C105	4/2	0	HY42	11/9	0	C132	3/3	1/1	C115	4/1	2/2
IM59	5/2	0	OL53	12/7	0	AS57	4/3	1/1	C127	3/3	2/2
EE28	5/3	0	AE31	12/9	0	HE61	4/4	1/1	NH77	9/4	4/4

Legende:
1) Alle weiteren Argumente / davon fachlich anerkannt
2) Argumente gegen eigene Antwort / davon fachlich anerkannt
Grau gedruckt: Schüler, die zu Beginn die fachlich anerkannte Auswahlantwort wählten

Kein Argument gegen die ursprüngliche Antwort

Die Lernimpulse sind zumeist so gestaltet, dass in ihnen Phänomene beschrieben werden, über die Widersprüche zu den Antworten generiert werden können, so zum Beispiel die mögliche Gasexplosion, wenn sich beim Verdampfen von Wasser Wasserstoff und Sauerstoff bilden würden. Diese beschriebenen Phänomene beinhalten entsprechend die anormalen Daten. Die 14 Schüler, die zu Beginn Antwort A gewählt haben, äußern alle keine Argumente gegen A. Dies impliziert nicht, dass nicht Aussagen gegen A getätigt bzw. andere Antworten befürwortet werden; nicht getätigt werden jedoch gestützte Behauptungen gegen A. In Bezug auf die Antworten B, C und D differiert die Nennung geäußerter Argumente zwischen keiner und zwölf. Obwohl Schüler EN40 zwar die fachlich anerkannte Antwort angekreuzt hat, beteiligt er sich im Folgenden kaum am Gespräch, sodass er im Endeffekt kein Argument nennt. Die Schüler EE70 und EA35 nennen drei Argumente, die nicht gegen A sprechen, von denen zwei anerkannt sind. Hervorzuheben sind die Schüler LH14, EN12 sowie AR12, die über das gesamte Gespräch nur fachlich anerkannte Argumente äußern. Weiterhin nennen Schüler HY42, OL53 und AE31 mit elf bzw. zwölf Argumenten eine im Vergleich zu ihren Mitschülern hohe Anzahl von Argumenten; HY42 und AE31 geben dabei neun fachlich anerkannte, OL53 gibt sieben anerkannte Argumente an.

Sechs Schüler, die anfangs eine nicht anerkannte Antwort gewählt haben, nennen ebenfalls keine Argumente gegen diese ursprüngliche Antwort. Diese Schüler nennen zwischen zwei und fünf Argumente für oder gegen andere Antworten. Sowohl im Ver-

gleich der absolut genannten Argumente als auch im Vergleich der fachlichen Anerkanntheit zeigen diese Schüler schlechtere Ergebnisse als die oben beschriebenen Schüler mit Antwort A. Hervorzuheben sind hier Schüler C126 und UT31, die kein fachlich anerkanntes Argument nennen. EK91 und EE28 tätigen mit drei bzw. fünf Argumenten zwar wenige dahingehende Sprechakte, von diesen sind jedoch zwei bzw. drei fachlich anerkannt.

Ein Argument gegen die ursprüngliche Antwort

Zwölf Schüler nennen ein Argument gegen die ursprüngliche Antwort. Dieses wird von vier Schülern in Form eines fachlich nicht anerkannten Arguments realisiert. Eine Besonderheit bilden hier Schüler RV98, C121 und C107, die mit elf, zwölf und 14 Argumenten (nicht gegen die ursprüngliche Antwort) eine relativ hohe Anzahl an argumentativen Aussagen tätigen. Während C121 und C107 diese lediglich ein Mal bzw. zwei Mal fachlich anerkannt realisieren, gelingt RV98 dieses in fünf Argumenten. Eine mögliche Erklärung für die hohe Anzahl von C121 und C107 ist möglicherweise die gleiche Gruppenzugehörigkeit, sodass fachlich nicht anerkannte Argumente gemeinsam erarbeitet und geteilt werden.

Acht Schüler nennen ein fachlich anerkanntes Argument gegen ihre ursprüngliche Antwort. Die Anzahl weiterer Argumente liegt zwischen einem und sechs. Hervorzuheben sind die Schüler DE12, C132 und HE61, die zwar mit zwei, drei bzw. vier Argumenten vergleichsweise wenige nennen, diese jedoch alle fachlich anerkannt realisieren.

Zwei Argumente gegen die ursprüngliche Antwort

Von den sieben Schülern, die zwei Argumente gegen die ursprüngliche Antwort nennen, realisieren zwei Schüler dies mit fachlich nicht anerkannten Aussagen. Schüler EB98 ist dahingehend zu betonen, dass er fünf von sieben weiteren Argumenten fachlich anerkannt tätigt. Schüler C113 nennt mit zehn Argumenten relativ viele, äußert davon jedoch nur drei fachlich anerkannte.

Zwei Schüler nennen ein fachlich anerkanntes Argument gegen die ursprüngliche Antwort; von diesen ist Schüler C213 hervorzuheben, der mit elf weiteren Argumenten eine hohe Anzahl Argumente nennt, von denen jedoch keines fachlich anerkannt ist.

Schüler C106, C127 und C115 nennen zwei fachlich anerkannte Argumente gegen die ursprüngliche Antwort; erstere beiden nennen weiterhin mit zwei bzw. drei Argumenten lediglich fachlich anerkannte - somit gehören sie auch zu der Gruppe von Schülern, die kein fachlich nicht anerkanntes Argument äußern.

Vier Argumente gegen die ursprüngliche Antwort

Dieser Kategorie gehört lediglich Schüler NH77 an; seine vier Argumente sind alle fachlich anerkannt. Von den weiteren neun Argumenten, die er nennt, sind ebenfalls vier anerkannt.

Zwischenfazit

Die Schüler mit richtiger Antwort nennen keine Argumente gegen ihre gewählte Antwort; sie zweifeln zum Teil an ihrer Antwort oder sprechen sich für andere aus, jedoch nennen sie keine gestützte Behauptung gegen Auswahlantwort A. Schüler mit nicht anerkannten Antworten zu Beginn nennen im Verlauf der Diskussion zumeist ein bis zwei Argumente gegen ihre Antworten. Von diesen insgesamt 30 genannten Argumenten sind 20 fachlich anerkannt. Den Schülern gelingt es entsprechend, ihre eigenen Vorstellungen zu überdenken und begründet gegen sie zu argumentieren. Gerade in Hinblick auf die Stabilität von Schülervorstellungen und die Schwierigkeit, anormale Daten als solche wahrzunehmen, ist dieses Ergebnis positiv hervorzuheben.

Insgesamt ist kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Nennung und fachlicher Anerkanntheit der Argumente gegen die ursprüngliche Antwort und der Nennung aller weiteren Argumente zu erkennen. Dennoch sind einige Tendenzen auszumachen: Schüler, die vergleichsweise viele fachlich anerkannte Argumente nennen, haben anfangs Antwort A gewählt. Schüler mit vielen fachlich nicht anerkannten Argumenten sind unabhängig von gewählter Antwort sowie unabhängig von der Gesamtzahl der Argumente verteilt. Eine mögliche Erklärung ist, dass Schüler, die Antwort A gewählt haben, die anormalen Daten erkennen und mit ihnen arbeiten; Schüler, die eine Schülervorstellung vertreten, die die anormalen Daten ansprechen sollen, ignorieren diese Daten unter Umständen bzw. deuten sie um. Der Umgang mit anormalen Daten erfordert eine hohe kognitive Leistung sowie ein gewisses Maß an Vorwissen. Eine weitere mögliche Erklärung ist daher, dass Schüler mit A als gewählter Antwort ein höheres chemisches Verständnis haben und somit die Phänomene der Lernimpulse eher erkennen und bewerten können. Diese Erklärung wird durch die Erkenntnis gestützt, dass tendenziell die Schüler, die Antwort A gewählt haben, eine bessere Chemienote auf dem letzen Zeugnis hatten.

Blickt man auf die Nennung von Argumenten in Bezug auf die Gruppen, so wird auch hier kein erkennbares Muster deutlich, sondern jede Gruppe hat eigene Charakteristika. Markante Gruppen sind Schl1, Schl3, KLS5, LFS2 und LFS4: Schl1 und KLS5 sind in Bezug auf die Anzahl genannter Argumente homogene Gruppen mit relativ wenigen Nennungen, von denen etwa die Hälfte fachlich anerkannt ist. Schl3 dagegen ist eine homogene Gruppe mit überdurchschnittlich vielen Argumenten - insgesamt nennen sie 53 Argumente, von denen jedoch nur sieben fachlich anerkannt sind; obwohl alle Schüler eine fachlich nicht anerkannte Antwort gewählt haben, nennt nur ein Schüler ein anerkanntes Argument gegen seine ursprüngliche Antwort.

In Bezug auf die Anzahl der Argumente sind LFS2 und LFS4 hervorzuheben. In LFS2 gibt es drei Schüler, die mit insgesamt 13 (davon acht anerkannt), elf (davon neun anerkannt) und zwölf (davon neun anerkannt) Argumenten überdurchschnittlich viele nennen. Von den 13 Argumenten, die NH77 nennt, widersprechen vier seiner ursprünglichen Antwort, die alle anerkannt sind. Der vierte Schüler der Gruppe, DE12, dagegen benennt mit insge-

samt drei Argumenten vergleichsweise wenig; diese sind jedoch alle fachlich anerkannt und eines widerspricht seiner ursprünglichen Antwort.
LFS4 ist ebenfalls eine stark heterogene Gruppe in Bezug auf geäußerte Argumente: RV98 und OL53 nennen insgesamt je zwölf Argumente, von denen fünf bzw. sieben anerkannt sind. Von diesen benennt EV98 eines als Argument gegen seine ursprüngliche Antwort und ist damit der einzige der Gruppe. Die beiden Gruppenmitglieder äußern sich vergleichsweise wenig: Schüler EK91 äußert drei Argumente, von denen zwei anerkannt sind und Schüler EN40 beteiligt sich argumentativ nicht.
Hervorzuheben sind an dieser Stelle zehn Schüler, die ausschließlich fachlich anerkannte Argumente nennen; von diesen haben drei Antwort A und sieben eine fachlich nicht anerkannte Antwort gewählt.
Insgesamt lässt sich festhalten, dass kein Zusammenhang aus Argumenten, die gegen die ursprüngliche Antwort sprechen, und insgesamt geäußerten Argumenten zu erkennen ist. Es scheint eine individuelle Eigenschaft zu sein, die sich auch in Bezug auf die dahingehende Heterogenität der Gruppen zeigt.

zu ii) Welche Stützen, die laut Schülern einer Antwort widersprechen, werden angeführt?
zu iii) Sind die erkannten Widersprüche fachlich anerkannt?
Nachdem dargestellt wurde, wie viele Argumente genannt wurden, die der ursprünglichen Antworten widersprechen, stellt sich die Frage, welche Argumente dieses sind. In Subfrage i) wurde bereits in anerkannt und nicht anerkannt unterschieden; diese rein quantitative Darstellung soll im Folgenden qualitativ ausgeführt werden.
Gegen Antwort A wird lediglich eine Stütze hervorgebracht. In dieser wird davon ausgegangen, dass die Moleküle beim Abkühlen wieder enger aneinander sein müssten und sich der Duft sozusagen wieder zusammenzieht. Da dies aber nicht geschieht, wird Antwort A ausgeschlossen. Grund für diese Vorstellung ist vermutlich das Experiment mit dem Ballon, dessen Volumen sich beim Abkühlen des Acetons wieder verringert. Dieses Phänomen wird auf das offene System der Duftlampe übertragen. Das Argument gilt als fachlich nicht anerkannt und wird lediglich von einem Schüler geäußert, der anfangs nicht A gewählt hat.
In den Tabellen 47, 48 und 49 werden die Stützen gegen die Antworten B, C und D zusammengefasst sowie die Anzahl ihrer Nennungen dargestellt. Im Folgenden und analog bei Antwort C und D werden einige Stützen in ihren Kontext eingeordnet und erläutert. Grau dargestellt sind die fachlich nicht anerkannten Stützen.

Tab. 47: Inhalt und Anzahl der Stützen gegen Auswahlantwort B

Stütze	Anzahl gesamt	Anzahl Schüler mit Antwort B zu Beginn
Kein bzw. anderer Duft	8	3
Moleküle/Bindungen/Atome behalten Größe	5	1
Duft würde sich nicht (stark) ausbreiten; Moleküle blieben in Schale	5	2
Wären keine Bindungen mehr; Bindungen würden auseinandergezogen	4	1
Moleküle müssten sich bei Kälte zusammenziehen; Duft müsste bei Kälte zurückkommen	4	1
Teilchenebene = nicht innerhalb von Molekül	2	1
Ballon wird in Kälte kleiner	2	1
Bewegungen werden nicht auf einzelne Atome übertragen	2	0
Stoßtheorie gilt nicht für B	1	1
Nur Eugenol im Raum, man könnte nicht mehr atmen	1	0
Ausdehnung gibt es nur bei Ionengitter	1	0

Legende:
schwarz gedruckt: fachlich anerkannte Stützten
grau gedruckt: fachlich nicht anerkannte Stützen

Insgesamt werden 34 Argumente gegen Antwort B geäußert; von diesen stammen zehn von Schülern, die Antwort B gewählt haben. Am häufigsten (8x) wird das Argument genannt, dass kein bzw. ein anderer Duft vorliegen würde, wenn sich die Atome voneinander entfernen; dies geschieht meist im Kontext von Lernimpuls 3, in dem das Phänomen dargestellt wird, dass ein Molekül sich über einen gesamten Raum ausbreiten müsste, um von einer Person zu riechen zu sein. Die Kategorie wird realisiert durch verschiedene Aussagen: Zum einen wird auf das Molekül bzw. den Duft an sich fokussiert und gesagt, dass sich der Duft verändern würde bzw. kein Duftstoff mehr vorhanden sei, zum anderen wird die fiktive Person aus Lernimpuls 3 einbezogen und gefolgert, dass nur ein Teil des Moleküls dessen Nase erreichen bzw. dass sie nur einzelne Bestandteile riechen würde.
Fünfmal wird genannt, dass Moleküle, Bindungen und Atome ihre Größe behalten und sich nicht ausdehnen können. Dieser hier scheinbare Zirkelschluss wird als Stütze aufgenommen, da die Schüler hier auf die fehlende Möglichkeit referieren, dass Bindungen bzw. Atome in ihrer Größe variieren. Eine gleich häufig genannte Kategorie bildet die Vorstellung, dass sich der Duft nicht so weit ausbreiten würde bzw. die Moleküle zwar größer, sich aber immer noch in der Schale befinden würden. Diese Vorstellung war in dieser Weise nicht intendiert. Die Schüler nennen sie meist im Zuge eines Vergleichs mit Antwort A: Während sich bei A die Moleküle unbegrenzt weit voneinander entfernen und

sich so ausbreiten können, ist ein analoger Vorgang bei B nicht möglich. Vielmehr scheint es die Vorstellung einer unbestimmten Grenze zu geben, bis zu der sich Atome voneinander entfernen können. An diese Vorstellung knüpft eine Stütze, die zweimal realisiert wurde: In dieser denken die Schüler den Vorgang analog weiter und folgern, dass keine Bindungen mehr bestehen würden, wenn sich die Atome voneinander entfernen würden.
Die viermal genannte Stütze, dass sich die Moleküle bzw. der Duft wieder zusammenziehen müssten, ist in ihrer Anzahl dahingehend zu relativieren, dass sie innerhalb einer Gruppe genannt wurde. Eine Besonderheit ist hier, dass in derselben Gruppe Antwort B aufgrund des Experiments mit dem Ballon geschwächt wurde. Die Stütze war hier, dass bei Antwort B die Moleküle nach dem Erhitzten ausgedehnt bleiben und gerade nicht wieder beim Abkühlen in ihren Ursprungszustand zurückkehren würden (vgl. Stütze „Ballon wird in Kälte keiner“; 1x). Eine mögliche Erklärung für diese Vorstellung ist, dass sich das Aceton im Ballon beim Abkühlen wieder verflüssigt und daher das Volumen abnimmt. Dieser Vorgang wird in der Gruppe auf das Phänomen des Verdampfens in einem offenen System übertragen. Diese Vorstellung scheint bei den Schülern nicht konsistent zu sein, da gegenläufig auch gesagt wird, dass sich die Teilchen aufgrund der Brownschen Molekularbewegung auch im Kalten weiter ausbreiten würden, dies jedoch langsamer geschehe.
Die zweimal hervorgebrachte Stütze, dass der Begriff der Teilchenebene aus Lernimpuls 1 bereits impliziert, dass es um die Ebene der Moleküle und nicht der Atome geht, wird innerhalb einer Gruppe genannt. Die Vorstellung wird nicht weiter ausgeführt, sodass nur zu vermuten ist, dass die Schüler unter einem Teilchen ein Molekül verstehen und nicht - wie intendiert - ein unspezifisches Teilchen, welches als Atom, Ion oder Molekül realisiert werden kann.
Tabelle 48 beschreibt die genannten Stützen gegen die Auswahlantwort C. Die meist genannte Stütze ist die in Lernimpuls 5 intendierte (23x): Beim Kochen von Wasser könnten Wasserstoff und Sauerstoff entstehen und diese über einem Gasherd in einer Knallgasreaktion reagieren.
Dass diese Argumentation lediglich von einem Schüler genannt wird, der anfangs Antwort C vertreten hat, ist auffällig, jedoch dahingehend zu relativieren, dass insgesamt nur fünf Schüler Antwort C gewählt haben. Durchschnittlich wird dieses Argument bei zehn Gruppen also über zweimal genannt.

Tab. 48: Inhalt und Anzahl der Stützen gegen Auswahlantwort C

Stütze	Anzahl gesamt	Anzahl Schüler mit Antwort C zu Beginn
Beim Wasserkochen würde es explodieren	23	1
Kein bzw. anderer Duft; anderer Stoff	11	0
(Ballon) Nach Spaltung kann keine Rückreaktion erfolgen; Eugenol würde gasförmig bleiben; Vorgang könnte nur einmal ablaufen	9	1
Eugenol selbst ist Duftstoff und nicht nur Teil, der abgespalten wird	2	1
Im Ballon entsteht kein Sauerstoff	2	0
Ballon müsste sich zusammenziehen	2	0
Bsp. zu LI2: Steine werden auch nach Bruch nicht wieder eins	1	0
Ballon müsste sich übermäßig aufblähen	1	0
LI1: „Teilchenebene“ widerspricht C	1	0

Legende:
schwarz gedruckt: fachlich anerkannte Stützten
grau gedruckt: fachlich nicht anerkannte Stützen

Das nächst häufige Argument ist, dass sich der Duft ändern bzw. verschwinden würde. Dieses Argument wurde als Transferleistung über das Gespräch hinweg sowie besonders in Lernimpuls 5 erwartet, jedoch nicht explizit darauf hingewiesen. Dass es dennoch elf Mal genannt wird, spricht dafür, dass es für zumindest einen Teil der Schüler naheliegend und plausibel ist. Es wird auf verschiedene Weisen realisiert: So argumentieren die Schüler hier ähnlich wie in Antwort D, dass kein Duftstoff mehr vorliegen würde, oder wie in Lernimpuls 3, dass nur Teile des Moleküls in die Nase der fiktiven Person gelangen würden und die Person daher keinen Duft wahrnehmen könne. Da nicht spezifiziert wird, an welcher Stelle und auf welche Art Bindungen brechen, gilt sowohl die Veränderung des Duftes als auch der fehlende Duft als fachlich anerkannt.

Eine häufige und bekannte Schülervorstellung wird in der nächsten Stütze deutlich: Würde Antwort C stimmen, so würde der Ballon in Lernimpuls 2 aufgeblasen bleiben, da sich die Moleküle nicht wieder verbinden könnten (9x). Den Schülern ist an dieser Stelle das Konzept der Rückreaktion nicht bekannt bzw. nicht präsent. Eine Erklärung für diese Schülervorstellung sind Alltagserfahrungen, nach denen es kaum oder nicht möglich ist, komplexe Dinge, die zerbrochen sind, wieder zusammenzusetzen. So bringt ein Schüler selbst das Beispiel, dass der Vorgang eines zerbrechenden Steines nicht wieder rückgängig gemacht werden könne („Bsp. zu LI2: Steine werden auch nach Bruch nicht wieder eins“; 1x).

Zwei Schüler, von denen einer C gewählt hatte, nennen die Stütze, dass Eugenol selbst der Duftstoff sei und nicht Teil eines Stoffes, von dem das Eugenol erst abgespalten werden

müsse. Die Vorstellung, dass Moleküle zerbrechen und so eine stoffunabhängige Eigenschaft freigesetzt bzw. abgegeben wird, ist bei Schülern nachgewiesen. An dieser Stelle liegt diese Schülervorstellung vermutlich nicht vor, sondern der Grund der Wahl von Antwort C lag im Missverstehen der Aufgabe; zumindest der Schüler, der Antwort C gewählt hatte, sagte direkt zu Beginn, dass er sich verlesen habe.
Die Stütze, dass sich, sollte Antwort C stimmen, der Ballon aus Lernimpuls 2 übermäßig aufblähen müsste, wird als fachlich anerkannt gewertet. Das Gespräch der Gruppe gibt Hinweise darauf, dass die Schüler das Spalten von Molekülen als Spaltung aller Bindungen ansehen. Wäre dies der Fall, so lägen 24 einzelne Teilchen vor; aufgrund der hohen Teilchenanzahl würde das Gas ein 24 Mal größeres Volumen einnehmen als ein aus Eugenolmolekülen bestehendes Gas.
Tabelle 49 stellt die Stützen gegen Auswahlantwort D dar.

Tab. 49: Inhalt und Anzahl der Stützen gegen Auswahlantwort D

Stütze	Anzahl gesamt	Anzahl Schüler mit Antwort D zu Beginn
Kein Duft	24	7
Im Ballon ist kein Sauerstoff	11	4
Ballon würde aufgeblasen bleiben; Eugenol würde gasförmig bleiben; Vorgang könnte nur einmal ablaufen	6	1
Ballon	4	0
Beim Verdampfen entsteht kein Wasser	3	2
Eugenol hat andere Eigenschaften als Wasser und Kohlenstoffdioxid	2	1
„Verdunsten“ heißt, dass es nicht reagiert	2	1
Ist von Anfang an Eugenol; keine Bildung des Duftstoffes durch Oxidation	1	0
Verdunsten geschieht durch Brownsche Molekularbewegung	1	0
Anderer Duft	1	0

Legende:
schwarz gedruckt: fachlich anerkannte Stützten
grau gedruckt: fachlich nicht anerkannte Stützen

24 Schüler, von denen sieben Antwort D vertraten, nennen als Stütze, dass nach einer Reaktion mit Sauerstoff kein Duftstoff mehr vorläge. Diese Stütze ist die in Lernimpuls 4 intendierte. Weitere zwei Schüler nennen „andere Eigenschaften“ als Stütze gegen Antwort D. Da hier nicht deutlich wird, ob sie das Fehlen eines Geruches oder andere Eigenschaften meinen, wird die Antwort separat gewertet. Ein Schüler nennt bereits vor Lernimpuls

4 und 5 die Stütze, dass sich bei einer Reaktion mit Sauerstoff der Geruch verändern würde.

15 Schüler beziehen sich in ihrer Stütze auf das Experiment mit dem Ballon. Das theoretisch mögliche Argument im Toulminschen Sinne besteht hier aus Prämisse („Der Ballon bläht sich auf“), Schlussregel („Wenn im Ballon kein Sauerstoff vorhanden ist, kann das Eugenol nicht mit Sauerstoff reagieren und somit nach Antwort D nicht verdampfen. Daher würde sich das Volumen im Ballon nicht ändern.“) sowie einer Konklusion („D wird geschwächt.“). Die Schlussregeln werden meist als bekannt angesehen und nicht genannt. Daher gilt auch die Stütze „Im Ballon ist kein Sauerstoff“ (11x) und auch die stark verkürzte Form, in der lediglich der Ballon genannt wird (4x), als fachlich anerkannt.

Analog zu der in Antwort C beschriebenen Schülervorstellung, dass eine einmal angelaufene Reaktion nicht rückgängig gemacht werden kann, nennen Schüler auch hier die Vorstellung, dass der Ballon nach der Reaktion aufgebläht bleiben müsse (6x). Entsprechend könne der Vorgang nur einmal ablaufen.

Drei Schüler, von denen zwei D gewählt haben, nennen fehlendes Wasser während des Verdampfens als Stütze. Wenn - nach Lernimpuls 4 - Eugenol mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser reagiert, so müsste dieses Wasser sichtbar sein. Von den Schülern wird hier nicht erkannt, dass das Wasser gasförmig sowie nur in geringen Mengen vorläge. Dennoch wird das Argument als fachlich anerkannt gewertet, da die zugrundeliegende Überlegung anerkannt ist. Diese Stütze war nicht die im Lernimpuls intendierte, dennoch zeigt sie die Fähigkeit des Schlussfolgerns der Schüler und gerade bei Schüler C127 die Motivation, den Lernimpuls zu bearbeiten und Antwort D neu bewerten zu können.

KF-3.2 i) Erkennen die Schüler anormale Daten in Bezug auf ihre Vorstellung eigenständig?
ii) Wie gehen Schüler mit anormalen Daten in Bezug auf ihre Vorstellung um?

Als eigenständiges Erkennen der anormalen Daten gilt, wenn ein Schüler eine Stütze gegen die Antwort nennt oder eine genannte Stütze inhaltlich ergänzt. Eine reine Zustimmung oder eine Wiederholung einer bereits genannten Stütze werden nicht als eigenständiges Erkennen gewertet. Eigenständig und nicht eigenständig erkannte Daten sind in Tabelle 50 zusammengefasst. In der Kategorie „nicht eigenständig“ wird nicht zwischen Zustimmung, Ablehnung oder keiner Äußerung unterschieden; in der Kategorie „eigenständig“ sind fachlich nicht anerkannte Aussagen (C107) grau gedruckt.

Tab. 50: Erarbeitung anormaler Daten

Antwort	eigenständig erarbeitet	nicht eigenständig erarbeitet
B	IM23, EB98	C113, C132, OC61, EE28, DE12, RV98, EK91
C	-	C105, C120, C121, C126, IL45
D (Ballon)	C115, C107, C127, NH77	C106, C128, C129, C123, HE61, AS57, UT31
D (Reaktion mit Sauerstoff)	C115, C127, HE61, NH77	C106, C128, C129, C123, C107, AS57, UT31

Legende:
schwarz: fachlich anerkannte Stütze
grau: fachlich nicht anerkannte Stütze

Antwort B

Die anormalen Daten in Form eines beschriebenen Phänomens werden von Schüler IM23 und EB98 eigenständig erkannt. IM23 benennt das ganze Molekül als Voraussetzung dafür, dass es zu riechen ist; in Lernimpuls 3 würde nur ein Teil des Moleküls die Nase der fiktiven Person erreichen. In der Gruppe von Schüler EB98 wurde B bereits geschwächt mit dem Argument, dass die Moleküle in der Schale bleiben würden; EB98 ergänzt diese Stütze darum, dass nur Wasserstoff zu riechen wäre, wenn sich das Molekül weit ausdehnt. Diese Stütze ist im engeren Sinne wissenschaftlich nicht anerkannt. Was der Schüler vermutlich ausdrücken will, ist, dass lediglich die Wasserstoffatome die Nase der Person erreichen würden. Letztere Deutung wird aufgrund pragmatischer Hinweise angenommen, sodass sie als anerkannt bewertet wird.

Sieben Schüler erkannten die anormalen Daten nicht eigenständig. In Lernimpuls 3 sprechen sich bei Schl3 drei Schüler, die nicht B gewählt haben, für B aus. Erst nach diesen Aussagen benennt Schüler C113 mit Antwort B das Argument, dass sich der Ballon bei Raumtemperatur nicht hätte wieder zusammenziehen dürfen, da aufgrund der Brownschen Molekularbewegung die Abstände zwar langsamer, aber dennoch stetig größer werden müssten. Dies widerspricht dem in Lernimpuls 3 beschriebenen Phänomen. Diese Diskrepanz wird von der Gruppe dahingehend gelöst, dass sich die Atome zwar im Ballon zusammenziehen, in einem offenen Raum jedoch weiter verteilen würden.

Schüler C132 widerspricht dem in der Gruppe geäußerten Argument, dass Antwort B ähnlich Antwort C sei und sich die Moleküle irgendwann spalten würden, mit der Aussage, dass sich die Bindungen lediglich ausdehnen. Erst nach weiterer Diskussion wiederholt er eine zuvor getätigte Aussage, dass keine Bindungen mehr bestehen würden, wenn sich das Molekül über den ganzen Raum ausdehnen würde. Schüler OC61 lehnt ebenfalls eine Aussage eines Gruppenmitglieds ab, das sagt, dass die Duftwolke nur bei A und nicht bei B so groß werden würde, dass sie durch den Raum reicht. Hier insistiert OC61 darauf, dass sich auch bei B der Duft in Form vergrößerter Moleküle ausbreiten würde. Erst nach weiterer Diskussion schlussfolgert er, dass B geschwächt wird, ohne eine Stütze explizit

zu nennen. Ähnlich verlaufen die Diskussionen in LFS4 mit RV98 und LFS1 mit EE28: Nach dem Argument, dass sich der Duft bei B nicht ausbreiten würde, spricht sich RV98 dafür aus, dass es auch bei B zu riechen wäre, sagt jedoch schon, dass A aussagekräftiger sei. Nach weiterer Diskussion ohne weitere Stützen schlussfolgert er, dass B leicht geschwächt sei. EE28 widerspricht einem geäußerten Gegenargument, dass bei so großer Ausdehnung der Raum nur mit Eugenol gefüllt sei und man nicht mehr atmen könne, mit der Aussage, dass nicht nur Eugenol im Raum sei. Erst der Aussage, dass Atome immer in der gleichen Größe bestehen bleiben, stimmt er zu. Diese Zustimmung gibt auch Schüler DE12 zu der Aussage eines Gruppenmitglieds, dass Moleküle in ihrer ursprünglichen Form bleiben müssen, damit man den Duft wahrnehmen kann. Schüler EK91 äußert in Lernimpuls 3 lediglich, dass Antwort A oder B stimmt, und nimmt am weiteren Verlauf der Diskussion nicht teil.

Chinn & Brewer (1993) formulierten sechs Kategorien des Umgangs mit anormalen Daten. Die Zuordnung der Schüler zu einer dieser Kategorien stellt sich bei diesem Lernimpuls für die nicht eigenständige Erarbeitung nicht in jedem Fall als sinnvoll dar, da nicht - wie in Lernimpuls 4 und 5 - auf Fakten referiert wird und somit klare anormale Daten impliziert sind. Statt dessen wird ein Szenario geschildert, welche die Antwort lediglich unwahrscheinlich erscheinen lässt.

Erkennbar ist hier dennoch das Phänomen der *Uminterpretation der Daten*: So ist beispielsweise die Aussage in der Gruppe Schl3 anerkannt, dass sich aufgrund der Brownschen Molekularbewegung die Teilchen voneinander entfernen; dies geschieht in kaltem Wasser langsam, in warmem Wasser schnell. Dieses Argument wird auf Antwort B angewendet und als dessen Stütze gesehen. Das geäußerte Gegenargument von Schüler C113, dass sich der Ballon dann nicht wieder hätte zusammenziehen dürfen, wird von den Schüler beachtet und diskutiert. Die Lösung dieser konfligierenden Daten ist jedoch, dass eine Art Ausnahmebedingung geschaffen wird: Im offenen System würden die Teilchen zwar stetig auseinander gehen, im abgeschlossenen System des Ballons geschehe dies nicht, weil der Temperaturunterschied so groß sei.

Zugeordnet werden können die zwei Schüler IM23 und EB98, die eigenständig den intendierten Weg wählen: Sie gehören der Kategorie *Entwicklung des Konzepts* an.

Antwort C

Antwort C wird von keinem Schüler eigenständig ausgeschlossen; dabei ist zu beachten, dass Antwort C auch nur von fünf Schülern gewählt wurde.

Fünf Schüler erarbeiteten sich die Lösung für den Umgang mit anormalen Daten nicht eigenständig.

Die Gruppenmitglieder von C105 äußern, dass Wasser heruntertropfen und die Flamme löschen würde. Ein Schüler äußert die These, dass die Moleküle sich verkleinern würden. C105 fragt „Kleiner?“ zurück, woraufhin der Schüler seine These zurücknimmt und als

Spaß bezeichnet. Die Rückfrage von C105 ist an dieser Stelle hervorzuheben, da ja gerade er von der Spaltung beim Verdampfen ausgeht. Möglicherweise zu erklären ist die Rückfrage damit, dass die Schülervorstellung von C105 kontextabhängig ist und somit bei Eugenol auftritt, bei Wasser als unbekanntem Stoff jedoch nicht. Er äußert weiterhin auf Phänomenebene, dass eine starke Dampfentwicklung eintreten würde. Woraus seiner Vorstellung nach dieser Dampf besteht, wird an dieser Stelle nicht deutlich. Auch Schüler IL45 und C126 sehen Wasserdampf als Wasser an: IL45 antwortet auf die Frage, was entsteht, wenn sich Wassermoleküle spalten „H_2O“; er folgert, dass sich Evidenz und Antwort C widersprechen, sagt jedoch gleich, dass er keinen Grund wisse. C126 antwortet auf die Aussage eines Mitschülers, dass Wasserstoff entstehen könnte, dass es doch Wasser bleibe. Erst im weiteren Verlauf benennt er Wasserstoff und Sauerstoff als mögliche Spaltprodukte, äußert sich dann jedoch nicht weiter.

Schüler C121 geht ebenfalls davon aus, dass Wasserdampf entsteht - sieht diesen jedoch als Spaltprodukt von Wasser an, welches er nicht näher spezifiziert. Die Aussage des Mitschülers C107, dass Wasserstoff und Sauerstoff entstehen könnten, ignoriert er bzw. sagt lediglich, dass Wasserdampf aufsteige. Hervorzuheben ist bei diesem Schüler die Vorstellung, dass Wasserdampf aufsteigt und dabei Wassermoleküle „mitnimmt“; so erklärt er den geringer werdenden Wasserstand beim Kochen. Eine entsprechende Schülervorstellung tritt auch im weiteren Verlauf bei Lernimpuls 5 auf, bei dem er sagt, dass sich Eugenol und Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser umsetzen und das Kohlenstoffdioxid dabei die Eugenolmoleküle in die Luft trägt. Dieses deutet darauf hin, dass der Schüler das Konzept der chemischen Reaktion nicht dahingehend verinnerlicht hat, dass die Ausgangsstoffe nach einer Reaktion nicht mehr vorhanden sind.

Auch C120 geht von einer Spaltung der Wassermoleküle aus, wird jedoch von seinem Mitschüler dahingehend korrigiert, dass Wasser auch nach dem Verdampfen noch Wasser sei. C120 folgert, dass es immer noch „H_2O“ und nicht „HO“ sei. An dieser Stelle wird deutlich, dass er bis dahin die Intention des Lernimpulses nicht erkannt hat. Erst im weiteren Verlauf wiederholt er die Aussage, dass Wasserstoff und Sauerstoff entstehen und sich entzünden könnten.

Auf die sechs Formen des Umgang mit anormalen Daten nach Chinn & Brewer angewendet gilt C105 als Vertreter der *Ignoranz der Daten*. Er sowie seine Gruppenmitglieder fokussieren auf die phänomenologische Erfahrung, dass Dampf entsteht. Eine Äußerung des Mitschülers, dass Moleküle kleiner würden, wird nicht diskutiert. Schüler C121 *interpretiert* die Daten teilweise um bzw. bildet ein Hybridkonzept: Er erkennt die Spaltung in nicht definierte Stoffe an. Diese gasförmigen Stoffe seien dann dafür verantwortlich, dass Wassermoleküle mit nach oben getragen würden und der Wasserspiegel im Topf sinke. Bei der Uminterpretation ignoriert er den Teil der Aufgabenstellung, der eine Nennung der möglichen Spaltprodukte fordert. Die Schüler IL45, C126 und C120 entsprechen der Kategorie der *Zurückweisung der Daten*, wobei es bei C120 und C126 im Laufe des Ge-

sprächs Hinweise auf eine *periphere Entwicklung des Konzepts* gibt. Die Zurückweisung realisiert sich in dem Sinne, dass die Schüler nicht auf die von Mitschülern bereits genannten Spaltprodukte eingehen, sondern Wasser als bleibenden Stoff benennen. C120 und C126 benennen im weiteren Verlauf die Entstehung von Wasserstoff und Sauerstoff sowie C120 eine Explosion als Konsequenz, sodass zumindest von einer peripheren Entwicklung des Konzepts ausgegangen werden kann.

Antwort D

Antwort D wurde anhand von Lernimpuls 2 (Luftballon) und Lernimpuls 4 (Reaktion mit Sauerstoff) thematisiert. Insgesamt acht Argumente wurden von sechs Schüler genannt, die auf diese Weise D schwächten.

Dass sich der Ballon bei Antwort D nicht aufblähen würde, erkennen Schüler C115, C127 und NH77 direkt. Schüler C107 schließt D aufgrund der Annahme aus, dass die Reaktion nicht rückgängig gemacht werden könne, der Luftballon also aufgebläht bleiben müsste.

Das Fehlen eines Duftstoffes bei vollständiger Reaktion von Eugenol mit Sauerstoff erkennen Schüler C115, HE61 und NH77; Schüler C127 nennt das fehlende Wasser in der Duftlampe als Stütze.

Sechs Schüler erkennen die anormalen Daten sowohl bei Lernimpuls 2 als auch bei Lernimpuls 4 nicht eigenständig; zudem gelingt es HE61 bei Lernimpuls 2 und C107 bei Lernimpuls 4 nicht.

Schüler C106 stimmt direkt C115 zu, dass sich der Ballon aufgrund des fehlenden Sauerstoffs bei Antwort D nicht aufgebläht hätte. Ob er es auch ohne die Aussage des Mitschülers genannt hätte, bleibt an dieser Stelle unklar. Schüler C128 und C129 sind in einer Gruppe. Sie sagen beide, dass der Ballon auch bei ihnen größer werden müsste, das Aceton gasförmig würde und sehen sich durch das Experiment bestätigt. C129 gibt zu bedenken, dass es nicht ihre Theorie war, was C128 mit „Klar!“ kommentiert. C129 lenkt mit einem unsicher klingenden „Ach ja, ja“ ein. Kurz darauf sagt C128 „Verkackt“, was im Sinne einer Aussage gegen die eigene Antwort gewertet wurde, obwohl keine Stütze genannt wurde bzw. wird. An dieser Stelle stützt C129, der zuvor Bedenken äußerte, D dahingehend, dass im Ballon kein Vakuum und damit noch immer etwas Sauerstoff sei. Erst auf die Aussage eines Mitschülers, dass der Ballon hätte aufgebläht bleiben müssen, äußert C129 explizit die Schwächung von Antwort D.

C107 und C123 sind ebenfalls in einer Gruppe. C107 erarbeitet eigenständig die Stütze, dass der Ballon bei D hätte aufgebläht bleiben müssen. C123 verfolgt die Diskussion schweigend und äußert erst am Ende, dass D geschwächt sei.

AS57 beteiligt sich nicht an der Diskussion. Erst als er von einem Mitschüler angesprochen wird, dass der Ballon nicht - wie von AS57 auf dem Lernimpuls angegeben - im Ursprungszustand, also nicht aufgebläht, bleiben würde, rechtfertigt er sich damit, dass er die Tabelle anhand einer Überlegung aus dem vorigen Impuls ausgefüllt habe. Welcher

Gedankengang hier verfolgt wurde, wird an dieser Stelle nicht deutlich und auch eine abschließende Bewertung von D wird von AS57 nicht getätigt. Ähnlich ist es bei Schüler UT31. Dieser stellt die These auf, dass sich der Ballon bei D nicht aufblähen würde. Nachdem das Experiment durchgeführt und von Mitschülern D ausgeschlossen wurde, stellt er die Frage, wieso das Experiment D widerspreche. Auf die Antwort, dass das Volumen hätte gleich bleiben müssen, nennt er den Einwand, dass im Ballon keine Luft sei, es aber mit Luft(-sauerstoff) reagiere. Ein Mitschüler sagt, dass doch Luft im Ballon sei, da kein Vakuum herrsche. UT31 greift diesen Gedanken auf und sagt, dass nicht die ganze Luft aus dem Ballon herausgedrückt werden kann und beginnt eine weitere Überlegung („Wenn da gar nichts drin wäre und du würdest das erhitzen…"), die jedoch nicht zu Ende geführt wird. Auch an dieser Stelle werden die grundlegenden Schülervorstellungen in Bezug auf das Experiment nicht endgültig deutlich.
Schüler HE61 beteiligt sich während des Lernimpulses 2 nicht an dem Gespräch.
Aufgrund fehlender Aussagen können die Schüler AS57 und HE61 keiner Kategorie des Umgangs mit anormalen Daten zugeordnet werden. Schüler UT31 stellt die fachlich anerkannte These auf, dass sich der Ballon nicht aufblähen würde. Da er nach eigentlicher Bestätigung der Hypothese durch das Experiment dennoch fragt, wieso es D widerspreche, wird es als *Ignoranz der Daten* gewertet. Im weiteren Verlauf stimmt er einem Mitschüler zu, dass kein Vakuum vorliege und folgert, dass Sauerstoff im Ballon vorhanden war; dies entspricht einer *Uminterpretation der Daten.* Die Schüler C128 und C129 fühlen sich anfangs aufgrund ihrer nicht anerkannten These, dass sich der Ballon auch bei D aufblähe, in ihrer Antwort gestärkt. Erst durch die Schlussfolgerung von Schüler C128, dass seine Antwort ausgeschlossen sei („Verkackt!"), wird deutlich, dass er seine Meinung geändert hat. Grund und Ursache werden hier nicht ersichtlich, sodass an dieser Stelle nur von einer *peripheren Entwicklung* gesprochen werden kann. Schüler C129 folgt anfangs der Argumentation von C128, zweifelt jedoch an, dass der Ballon frei von Sauerstoff ist. Diesbezüglich entspricht er der *Uminterpretation der Daten*. Erst nach der Aussage eines Mitschülers, dass der Ballon hätte aufgebläht bleiben müssen, stimmt er dem zu und folgert eine Schwächung von Antwort D. Dies wird als *Entwicklung des Konzepts* gewertet. Entsprechendes gilt für C106 und C123, die ebenfalls einer vorangegangenen Argumentation zustimmen und/oder sich anschließend gegen D aussprechen sowie für C115, C107, C127 und NH77, die die anormalen Daten eigenständig erkennen und bearbeiten. C107 stellt dabei einen Besonderheit dar, da er zwar D intendiert ausschließt, jedoch eine fachlich nicht anerkannte Stütze wählt.

In Lernimpuls 4 wird D aufgrund des fehlenden Duftstoffes geschwächt. Dieser von Schüler C115 genannten Argumentation stimmt Schüler C106 direkt zu.
Die Mitglieder einer Gruppe C128 und C129 beteiligen sich rege an der Diskussion in Lernimpuls 4. C129 erklärt zuerst, dass Kohlenwasserstoffe und Sauerstoff zu Wasser

und Kohlenstoffdioxid reagieren. Dies seien gleichzeitig die Reaktionsprodukte, sodass ein Kreislauf entstehe. Diese fachlich nicht anerkannte Vorstellung beruht vermutlich auf einem Missverständnis des Begriffs „Produkt“, welches vermutlich als Ausgangsstoff angesehen wird. Auf die Ergänzung eines Mitschülers, dass die Produkte nicht riechen würden und daher D geschwächt würde, antwortet er nur, dass ihm klar sei, dass D geschwächt werde. An dieser Stelle ist fragwürdig, ob er das Konzept tatsächlich verstanden hat oder nur der Schlussfolgerung des Mitschülers zustimmt. Dieser Diskussion folgt eine Sequenz, in der auch bei C128 ein Missverstehen deutlich wird. So sagt er: „Wenn Kohlenwasserstoffe vollständig mit Sauerstoff reagieren, erhält man als Reaktionsprodukte ausschließlich Wasser und Kohlenstoffdioxid. Ja. Ja, die reagieren beide mit Sauerstoff.“ (32:55) Auf die Frage „Und?“ eines Mitschülers, die eine Art Forderung nach einer Schlussfolgerung darstellt, folgt nur die Aussage, dass er keine Ahnung habe. Im weiteren Verlauf nennt der Mitschüler erneut die Aussage, dass kein Duftstoff mehr vorliege und daher D geschwächt sei. C129 wendet hier ein, dass es vielleicht nicht vollständig reagiere und daher so lange rieche. Dies wird von dem Mitschüler mit einem „Deshalb reagiert es ja nicht“ (37:48) abgewehrt. In einer kurzen Off-Topic-Phase nennt Schüler C128 „Widerspruch.“ und C129 kurz darauf zusammenhangslos, dass es D auf jeden Fall widerspreche. Bei beiden Schülern ist nicht klar, inwieweit sie das Konzept verstanden sowie dem Gedankengang des Mitschülers gefolgt sind oder sich lediglich seinem Standpunkt angeschlossen haben.

Die Gruppenmitglieder C107 und C123 erarbeiten sich eine Lösung in Lernimpuls 4 gemeinsam, jedoch nicht im intendierten Sinne. Direkt zu Beginn äußert C123, dass D durch den Impuls nicht geschwächt werde. Auf den folgenden Widerspruch eines Mitschülers, dass es doch geschwächt werde, da bei D nichts mehr übrig bleibe, wird nicht eingegangen; statt dessen stützt Schüler C107 die Behauptung von C123 mit der Erklärung, dass der Duftstoff durch das Kohlenstoffdioxid hoch gehe und sich so in der Luft verteile, was Schüler C107 bejaht. C107 führt weiter aus, dass am Ende das entstandene Wasser verdunsten würde. Auf einen Einwand eines Mitschülers, dass eine Phasentrennung erkennbar sein müsste, wenn Wasser entstünde, wird entgegnet, dass dies auch der Fall sei und der letzte Qualm (gemeint ist Dampf) das Wasser sei. Dieses Argument liegt vermutlich in der Tatsache begründet, dass im Alltag eine Duftlampe häufig mit einem Gemisch aus Wasser und Duftöl verwendet wird, sodass der Schüler die angesprochene Phasentrennung kennt. Dass diese jedoch aus der Tatsache hervorgeht, dass sowohl Wasser als auch Öl zugefügt wird, während im beschriebenen Lernimpuls lediglich Öl verwendet wird, bleibt unerkannt. C123 stimmt auch dieser Argumentation zu.

Schüler AS57 beteiligt sich anfangs nicht an dem Gespräch, schlussfolgert jedoch am Ende, dass der Impuls gegen D spreche. Schüler UT31 äußert sich während Lernimpuls 4 nicht.

Da sich Schüler UT31 nicht am Gespräch beteiligt, ist auch eine Kategorisierung bezüglich des Umgangs mit anormalen Daten nicht möglich. Schüler C123 und C107 gehören einer Gruppe an und entsprechen anfangs der Kategorie der *Ignoranz der Daten*, welches sich hier jedoch über eine Aussage des Mitschülers äußert: Während C123 zu Beginn aussagt, dass die Informationen D nicht widersprächen, ignorieren beide den Einwand eines Mitschülers, dass, sollte D stimmen, nichts mehr übrig bliebe (- hier interpretiert als Aussage, dass kein Eugenol mehr vorläge). Statt darauf einzugehen, entsprechen beide Schüler im Folgenden der Kategorie *Uminterpretation der Daten:* C107 führt an, dass das entstehende Kohlenstoffdioxid dafür verantwortlich sei, dass die Eugenolmoleküle „mit hoch [gehen]“ (29:28). C123 stimmt ihm dabei zu. Sie bilden dabei eine Art Hybridkonzept, indem sie die Informationen des Lernimpulses anwenden (- es entsteht Kohlenstoffdioxid) und dieses als Erklärung dafür nehmen, dass sich die Duftstoffmoleküle in der Luft befinden. Die Schlussfolgerung, dass nach der Reaktion kein Duftstoff mehr vorliegt, wird nicht gezogen. Die Schüler C128 und C129, ebenfalls einer Gruppe zugehörig, äußern sich zwar zu Lernimpuls 4, zeigen jedoch beide Lese- bzw. Verstehensschwierigkeiten, sodass sie fachlich nicht anerkannte und nur teilweise nachvollziehbare Schlussfolgerungen ziehen. Auf die Aussage eines Mitschülers, dass D aufgrund des fehlenden Duftstoffes geschwächt würde, gibt C129 an, dass es ihm klar sei. Da die Aussagen zuvor eher auf ein fehlendes Verstehen des Impulses schließen lassen, wird diese Aussage nicht als Hinweis auf eine Entwicklung eines Konzepts gewertet. Dieses wird gestützt durch die spätere Einschränkung von C129, dass die Reaktion vielleicht nicht vollständig ablaufe und es daher länger rieche. Diese Aussage kann auf zwei Weisen verstanden werden: Wird das „vollständig“ im Sinne einer nur teilweisen Reaktion von Eugenol und Sauerstoff gesehen, sodass im Endeffekt kein Kohlenstoffdioxid und Wasser vorliegen, so wäre es eine Zurückweisung der Daten, in denen die Produkte klar definiert sind. Wird das „vollständig“ im Sinne einer langsam ablaufenden Reaktion verstanden, so liegt vermutlich ein ähnliches Hybridkonzept wie bei C123 und C107 vor, in dem sowohl Reaktionsprodukte entstehen als auch der Duftstoff erhalten bleibt. Ein Mitschüler weist die Überlegungen von C129 zurück und insistiert, dass gerade aufgrund seiner Aussage gefolgert werden kann, dass es nicht reagiert. Sowohl C129 als auch C128 sprechen sich daraufhin gegen Antwort D aus. Da an dieser Stelle nicht deutlich wird, dass C129 die Stütze verinnerlicht hat und für plausibel hält, und sich C128 an der Sequenz des Gesprächs nicht aktiv beteiligt hat, wird es als *periphere Entwicklung des Konzepts* angesehen. In Gruppe LFS1 verfolgt Schüler AS57 passiv die Diskussion. Erst nachdem ein Schüler aufgrund der Stütze, dass kein Wasser entsteht, folgert, dass Antwort D geschwächt wird, benennt auch AS57 D als geschwächt. Obwohl AS57 sich nicht an der Entwicklung der Stütze gegen D beteiligt hat, nennt er die Schlussfolgerung, sodass es als *Entwicklung des Konzepts* angesehen wird. C106 entwickelt auch nicht eigenständig eine Stütze, stimmt jedoch der entsprechenden Aussage eines Mitschülers direkt zu, sodass auch er dieser Kategorie angehört. Ebenfalls

dieser Kategorie zugeordnet sind die Schüler C115, C127, HE61 und NH77, die die anormalen Daten eigenständig erkennen und bearbeiten.

Zusammenfassung und Zwischenfazit

Zehn von 30 Schülern erkennen und bearbeiten anormale Daten in Bezug auf ihre Vorstellung eigenständig. Neun dieser Schüler gehen den intendierten Lernweg; ein Schüler gelangt zwar zur intendierten Lösung, indem er bei Lernimpuls 2 Antwort D ausschließt, wählt jedoch eine fachlich nicht anerkannte Stütze.

In Bezug auf die sechs von Chinn & Brewer (1993) genannten Kategorien des Umgangs mit anormalen Daten ist für diesen Lernimpuls 3 keine sinnvolle Zuordnung möglich, da sie nicht auf widersprechenden Fakten, sondern eher auf einer geringen Wahrscheinlichkeit des Phänomens beruht. Lediglich die zwei Schüler, die den intendierten Lernweg eigenständig erarbeiten, können der Kategorie *Entwicklung des Konzepts* zugeordnet werden. Drei Schüler konnten aufgrund fehlender Aussagen keiner Kategorie zugeordnet werden. Einige Schüler entsprechen im Laufe des Gesprächs unterschiedlichen Kategorien; in der folgenden Übersicht wird jeweils die zuletzt erreichte Kategorie benannt:

Ignoranz der Daten

In Bezug auf Antwort C ignoriert Schüler C105 die Daten und nennt lediglich die Alltagserfahrung der Dampfentwicklung. An dieser Stelle ist es fraglich, ob der Schüler den Lernimpuls nicht genau gelesen und daher nicht verstanden hat, oder es ihm kognitiv nicht gelingt, von einer Auswahlantwort auszugehen und mögliche Konsequenzen abzuleiten.

Zurückweisung der Daten

Ein Schüler (IL45) weist in Bezug auf Antwort C die Daten zurück, indem er auch nach vorherigen Nennung insistiert, dass Wasser auch nach dem Verdampfen noch Wasser sei. Eine weitere Entwicklung ist hier nicht zu erkennen.

Uminterpretation der Daten

Dieser Kategorie wurden sechs Schüler zugeordnet: Bei Lernimpuls 3 deuten zwei Schüler die Daten dahingehend um, dass Ausnahmebedingungen geschaffen werden, in denen die Daten gelten. In Bezug auf Antwort C interpretiert Schüler C121 die Daten um, indem er eine Art Hybridkonzept bildet: Die Moleküle spalten sich und nehmen dadurch die Wassermoleküle mit hoch, sodass der Wasserspiegel im Topf sinkt; weitere Konsequenzen aus den Spaltprodukten werden nicht gezogen, sondern Antwort C über diese Argumentation als gestärkt angesehen.

In Lernimpuls 2 ignoriert Schüler UT31 die Daten: Trotz seiner Hypothese, dass sich bei Antwort D der Ballon nicht aufblähe, sieht er diese durch das Experiment nicht als wider-

legt an. Im weiteren Verlauf interpretiert er die Daten um und nennt vorhandenen Sauerstoff als Grund dafür, dass D nicht widerlegt sei.
Schüler C123 und C107 ignorieren in Lernimpuls 4 anfangs eine Aussage eines Mitschülers, durch die Antwort D widerlegt würde. Im Folgenden interpretieren sie die Daten um, indem sie eine Art Hybridkonzept bilden und aussagen, dass das gebildete Kohlenstoffdioxid dafür verantwortlich sei, dass der Duftstoff sich im Raum verteile.

Periphere Entwicklung des Konzepts
Fünf Schüler wurden dieser Kategorie zugeordnet: Nach anfänglicher Zurückweisung der Daten in Bezug auf Antwort C nennen zwei Schüler bei Lernimpuls 5 Wasserstoff und Sauerstoff als mögliche Spaltprodukte sowie eine Explosion als Konsequenz. Dieses deutet an, dass sich das Konzept entwickelt hat, da anfänglich die Daten zurückgewiesen wurden.
In Lernimpuls 2 fühlt sich Schüler C128 anfangs in seiner These D bestätigt; erst seine ungestützte Aussage gegen Antwort C deutet eine periphere Entwicklung an. Als peripher wird sie kategorisiert, da keinerlei Stütze im Vorfeld benannt wurde.
In Lernimpuls 4 sind anhand der Aussagen von Schüler C128 und C129 Lese- bzw. Verstehensschwierigkeiten zu erkennen; obwohl sie sich beide am Ende explizit gegen Antwort D aussprechen, wird es als periphere Entwicklung gedeutet, da in beiden Fällen nicht deutlich wird, ob sich das Konzept grundlegend verändert hat oder ob sie sich wenig reflektiert der Meinung des Mitschülers anschließen.

Entwicklung des Konzepts
In Lernimpuls 2 entsprechen fünf Schüler dieser Kategorie; eine Besonderheit sind C129, der anfänglich die Daten uminterpretiert und sich erst anschließend der Meinung eines Mitschülers anschließt, sowie C107, der Antwort D aufgrund einer fachlich nicht anerkannten Überlegung ausschließt.
In Lernimpuls 4 gehören sechs Schüler dieser Kategorie an. Vier erarbeiten sich die Antwort eigenständig, zwei erarbeiten sie gemeinsam mit ihren Mitschülern.

6.1.6 Fazit zu „Umgang mit anormalen Daten“

Das Provozieren von kognitiven Konflikten über anormale Daten gilt als eine Möglichkeit, Konzeptentwicklungen zu initiieren. Neben der Bewusstwerdung der eigenen Vorstellung ist das Erkennen der Daten als anormal in Bezug auf die Vorstellung der erste Schritt in Richtung einer Vorstellungsänderung. Dennoch wird in der Forschung gerade die Stabilität und schwierige Veränderlichkeit der Schülervorstellungen deutlich. Die Proposition im theoretischen Vorhersagesystem greift diese These auf und wird ergänzt um die Proposition, dass anormale Daten nicht als solche erkannt werden.

Die erste Subfrage befasste sich mit der Äußerung von Argumenten, die der ursprünglichen Antwort widersprechen: Anzahl, Inhalt sowie fachliche Anerkanntheit wurden diesbezüglich untersucht. Insgesamt konnte kein Zusammenhang zwischen der Anzahl und fachlichen Anerkanntheit von Argumenten gegen die eigene Antwort sowie Anzahl und fachlicher Anerkanntheit von Argumenten gegen andere Antworten gefunden werden. Als Tendenz ist jedoch zu erkennen, dass Schüler mit vielen anerkannten Argumenten Antwort A gewählt haben. Eine mögliche Erklärung ist eine höhere fachliche Kompetenz der Schüler mit anerkannter Antwort; diese These wird durch die tendenziell besseren Chemienoten dieser Schüler gestützt. Als weitere Erklärung kann die von Schülern mit anerkannter Antwort möglicherweise reflektiertere Wahrnehmung anormaler Daten angeführt werden, welche von Schülern mit entsprechender (nicht anerkannter) Antwort nicht bzw. nicht als Problem wahrgenommen werden. Ebenfalls stark different stellen sich die einzelnen Gruppen in Bezug auf ihre Argumente dar: Sie sind stark heterogen in Bezug auf die Anzahl ihrer Argumente, in deren fachlicher Anerkanntheit sowie der Nennung von Argumenten gegen die eigene Antwort. Extremgruppen treten beispielsweise dahingehend auf, dass vergleichsweise viele, jedoch meist nicht anerkannte Argumente (Schl3) oder dass vergleichsweise viele anerkannte Argumente genannt werden (LFS2).
Von den 40 beteiligten Schüler sind zehn besonders hervorzuheben, da sie nur fachlich anerkannte Argumente nennen. Sieben dieser Schüler haben sich zu Beginn für eine fachlich nicht anerkannte Antwort entschieden. Diese geben bereits einen wichtigen Hinweis darauf, dass die über die Impulse angebotenen anormalen Daten erkannt und von den Schülern angemessen thematisiert werden.
Die Unterscheidung zwischen anerkannten und nicht anerkannten Argumenten sollte im Folgenden mit Inhalt gefüllt werden: Welche Argumente werden von Schülern genannt? Als fachlich anerkannte Argumente wurde bei Antwort B zumeist auf den fehlenden bzw. anderen Duft verwiesen (8x). Fünf Mal wurde auf eine Art Gesetzmäßigkeit referiert, welche besagt, dass Moleküle, Atome oder Bindungen ihre Größe behalten. Von vier weiteren Schülern wird dieses konkretisiert, indem ein Bindungsbruch bei Auseinandergehen der Moleküle genannt wurde. Als nicht anerkannte Argumente wurde mit fünf Nennungen am häufigsten geäußert, dass sich der Duft nicht so stark ausbreiten würde bzw. sich die Moleküle nicht (so stark) verteilen würden. Hier wurde meist vergleichend zu Antwort A argumentiert und A als aussagekräftiger angesehen. Vier Mal - besonders innerhalb von Gruppe Schl3 - wurde genannt, dass sich die Moleküle bei Kälte wieder zusammenziehen würden. Eine Besonderheit ist hier, dass auch das gegenteilige Argument, dass der Ballon in der Kälte wieder kleiner wird, als Argument gegen B verwendet wurde. An dieser Stelle wird deutlich, dass der entsprechende Schüler kein konsistentes Konzept verinnerlicht hat. Insgesamt wurden 18 fachlich anerkannte Argumente gegen Antwort B hervorgebracht, von denen sechs von Schülern mit Antwort B geäußert wurden.

In Bezug auf Antwort C, dem Spalten der Moleküle, waren die häufigsten anerkannten Stützen, dass - sollten sich die Moleküle beim Verdampfen spalten - beim Wasserkochen infolge einer Knallgasreaktion eine Explosion stattfände (23) sowie dass nach einer Spaltung ein anderer Stoff bzw. kein oder ein anderer Duftstoff vorläge (11). Ersteres wurde nur von einem Schüler mit zu Beginn gewählter Antwort C genannt, zweites von keinem Schüler mit Antwort C; dies lässt sich mit der geringen Zahl (5) an Schülern, die sich überhaupt für C entschieden haben, erklären. Die meist genannte nicht anerkannte Vorstellung wurde im Kontext von Lernimpuls 2 geäußert: Neun Schüler konnten sich nicht vorstellen, dass sich über gespaltene Moleküle erneut die Ursprungsmoleküle bilden können. Hier wird deutlich, dass das Konzept der Rückreaktion bzw. des chemischen Gleichgewichts nicht bekannt oder nicht präsent ist. Eine mögliche Ursache für diese Schülervorstellung sind Alltagserfahrungen, in denen einmal zerbrochene Gegenstände nicht ohne weiteres wieder zusammengesetzt werden können. Dies wird auch von einem Schüler geäußert, der beispielhaft sagt, dass zerbrochene Steine nicht wieder zu dem ursprünglichen Stein werden. Insgesamt werden 37 fachlich anerkannte und 14 fachlich nicht anerkannte Argumente genannt.

Zu Antwort D sind die häufigsten Antworten, dass kein Duftstoff mehr vorliege (24x) sowie dass im Ballon kein Sauerstoff sei (11) bzw. dass sich der Ballon aufblähe (4x). Eine nicht intendierte, aber als fachlich anerkannt gewertete Aussage ist, dass kein Wasser zu erkennen sei, wenn das Duftöl verdunstet; dieses müsste nach Lernimpuls 4 der Fall sein. Hervorzuheben ist hier, dass aus zwei Lernimpulsen 49 fachlich anerkannte Argumente generiert wurden. Im Vergleich dazu stehen sechs fachlich nicht anerkannte Argumente. Die Schülervorstellung hinter den fachlich nicht anerkannten Argumenten ist die bereits zu Antwort C deutlich geworden: Die Schüler denken, dass ein einmal abgelaufener Vorgang, wie beispielsweise das Aufblähen des Ballons, nicht wieder rückgängig gemacht werden kann. Wäre Antwort D richtig, müsste in der Vorstellung der Schüler der Ballon entsprechend aufgebläht bleiben. Das Auftreten dieser Schülervorstellung in Bezug auf beide Antworten ist keine Schwäche der Konzeption oder der Lernimpulse, sondern bietet für die Lehrkraft die Möglichkeit, diese überhaupt zu bemerken sowie in diesem Zuge zu thematisieren.

Die Schüler nennen Argumente, die sowohl ihrer eigenen als auch anderen Antworten widersprechen. Die Frage ist, ob sie die Anormalität der Daten eigenständig erkennen bzw. wie sie mit ihnen umgehen. 26 Mal werden anormale Daten nicht eigenständig erkannt, während sie zehn Mal eigenständig erkannt werden. Von diesen zehn Malen wird bei neun der intendierte Lernweg gegangen. Das eigenständige Erkennen impliziert hier, dass der Schüler eine Stütze gegen die Antwort nennt bzw. eine genannte Stütze ergänzt; eine Wiederholung einer bereits genannten Stütze gilt nicht als eigenständige Erarbeitung. In diesem Sinne ist es möglich, dass bei Bearbeitung der Lernimpulse in Einzelarbeit mehr als die zehn genannten Schüler dieser Kategorie zugeordnet würden.

Wie gehen Schüler mit anormalen Daten um, wenn sie sie nicht - wie oben beschrieben - eigenständig erkennen? Für diese Fragen wurden die sechs Kategorien von Chinn & Bremer (1993) angewendet. Nicht alle Schüler konnten dahingehend kategorisiert werden: Zum einen äußerten sich nicht alle Schüler, zum anderen liegen bei Lernimpuls 3 keine anormalen Daten im eigentlichen Sinne vor, sondern eher ein Phänomen, welches Antwort B unwahrscheinlich werden lässt. Zwei Schüler ignorieren die in Lernimpuls 5 angebotenen Daten gegen Antwort C. An dieser Stelle ist die Ursache fraglich - es kann an fehlenden fachlichen Kenntnissen, an fehlenden kognitiven Fähigkeiten, aber auch an mangelndem Leseverständnis liegen. Ein Schüler geht einen Schritt weiter und weist die in Lernimpuls 5 intendierte Nennung der Entstehung von Wasserstoff und Sauerstoff zurück: Es bleibe Wasser. Sechs Schüler interpretieren während der Lernimpulse Daten um, indem sie beispielsweise Ausnahmebedingungen schaffen oder Hybridkonzepte bilden. Als periphere Konzeptentwicklung wurden Aussagen kategorisiert, bei denen sich eine Konzeptentwicklung andeutet, jedoch nicht eindeutig zu erkennen war - so wurde beispielsweise im Vorfeld keinerlei Stütze gegen eine Antwort geäußert oder die Schlussfolgerung nicht explizit genannt. Dieser Kategorie entsprechen fünf Schüler. Dreizehn Schüler entsprechen der Kategorie der Entwicklung des Konzepts.

Anhand der Kategorisierung wird der aus der Forschung bekannte Fakt deutlich, dass Schüler anormale Daten, die einen kognitiven Konflikt provozieren sollen, teilweise umdeuten, damit ihre eigene Vorstellung bestehen bleiben kann. Es gilt als einfacher, die Daten umzudeuten, als die eigene Theorie zu verändern.

Insgesamt profitieren die Schüler von Mitschülern, mit denen sie gemeinsam Argumente gegen ihre Antworten entwickeln bzw. deren Argumenten sie sich anschließen können. Auf diese Weise gelingt eine (periphere) Entwicklung des Konzepts 18 Mal.

Wenn Schüler von ihren Mitschülern profitieren, stellt sich die Frage, ob eine Abhängigkeit von Gruppenzusammensetzung und letztendlicher Antwort erkennbar ist und weiterhin, ob es sinnvoll ist, konfligierende Gruppen zu bilden. Diese Fragen können an dieser Stelle nicht endgültig geklärt werden. Zwei Gruppen, die keinen Vertreter von Antwort A beinhalten, gelangen zum einen zu Antwort A, zum anderen zu Antwort C. Erstere zeigt, dass es zumindest möglich ist, ohne Vertreter der anerkannten Antwort nur anhand der Lernimpulse zu Antwort A zu gelangen. Inwieweit sich die andere Gruppe unter Einfluss eines Mitschülers mit Antwort A auf diese geeinigt hätte, bleibt offen. Aufgrund der wenigen Gruppen ohne Vertreter der Antwort A ist ein ausführlicher Vergleich zu Gruppen mit Vertretern von Antwort A nicht möglich. Gruppe KLS5 sowie die Gruppen der LFS haben keinen Vertreter der Antwort C. Diesen gelingt es dennoch, Antwort C zu thematisieren und auszuschließen; Gruppen Schl1 und Schl2, die mit zwei Antworten D diese stark vertreten haben, gelingt es, sie auszuschließen. Die Lernimpulse scheinen dahingehend überzeugend und wirksam zu sein, dass sie Diskussionen auch über nicht vertrete-

ne Antworten anregen sowie dass auf deren Basis Argumente auch gegen stark vertretene Antworten generiert werden können.
Abschließend kann die Proposition, dass Schülervorstellungen stabil und schwierig zu verändern sind, gestärkt werden. Eine Veränderung ist schwierig, da anormale Daten nicht unbedingt als solche wahrgenommen und diskutiert werden. Statt dessen werden sie zum Teil ignoriert, zurückgewiesen oder uminterpretiert. Werden anormale Daten aber als Problem wahrgenommen und/oder als Diskussionsanlass gesehen, so ist es durchaus möglich, dass Schülervorstellungen verändert werden, wie es über die Unterrichtskonzeption choice^{2}learn geschieht. Hilfreich scheinen dabei nach bisheriger Analyse die Lernimpulse dahingehend zu sein, dass auf deren Basis überzeugende Argumente generiert werden können. Ebenso wichtig scheinen aber auch die Mitschüler zu sein, mit deren Hilfe Argumente ko-konstruiert werden bzw. deren Argumentation sich ein Schüler anschließen kann.

6.2 Nachhaltigkeit einer Konzeptentwicklung

Aufgrund der Stabilität der Schülervorstellungen, die sich häufig in vielfachen Situationen bewährt haben, erscheint eine langfristige Veränderung schwierig. Über die aktive Auseinandersetzung mit eigenen und fremden Vorstellungen wird dennoch vermutet, dass eine Konzeptentwicklung auch nach ca. sechs Wochen noch Bestand hat.

6.2.1 Vorstellungen im Follow-up-Test

KFF-1 ***Durch aktive Auseinandersetzung mit der eigenen Vorstellung kann eine langfristige Konzeptentwicklung initiiert werden.***

KFF-1.1 Wie viele Schüler
i) haben nach einigen Wochen die fachlich anerkannte Vorstellung?
ii) verändern ihre Vorstellung hin zu einer neuen?
iii) fallen zurück in ihre ursprüngliche Vorstellung?
iv) Wie begründen sie ihre Vorstellung?

Der Follow-up-Test (vgl. Kap. 5.2.4.5) konnte aus organisatorischen Gründen nur in den KLS-Gruppen durchgeführt werden. Neben den zwei KLS-Gruppen, die in dieser Arbeit untersucht wurden, werden hier die (vollständig vorliegenden) Daten der nicht videographierten Schüler einbezogen. Tabelle 51 zeigt die realisierten Kombinationen der von den Schülern gewählten Antworten, lediglich unterschieden in fachlich anerkannt und nicht anerkannt. Dabei wird die Antwort zu Beginn, am Ende der Konzeption und nach ca. sechs Wochen dargestellt. Von drei Schülern lagen Daten vor, jedoch haben die Schüler während der Konzeption aufgrund persönlicher Unstimmigkeiten kaum miteinander ge-

arbeitet. Dieses Phänomen trat lediglich bei dieser Gruppe auf. Da das Ziel der Arbeit ist, Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse während der Kleingruppenarbeit zu analysieren, in dieser Gruppe jedoch kaum von einer gemeinsamen Arbeit gesprochen werden kann, werden die Daten nicht einbezogen.
Zur leichteren Lesbarkeit werden die ursprünglichen Buchstaben der Antworten verwendet und nicht die des Follow-up-Tests, in dem die Antworten in anderer Reihenfolge angegeben waren.

Tab. 51: Antworten zu Beginn, am Ende und im Follow-up-Test

Antwort zu Beginn	Antwort am Ende	Antwort im Follow-up-Test	Schüler
anerkannt	anerkannt	anerkannt	EE70, EA35, IL44, AD45, AL20, UT40
anerkannt	anerkannt	nicht anerkannt	AL61
nicht anerkannt	anerkannt	anerkannt	OC61, IL45, HE61, AS22, IM23

Anerkannt - anerkannt - anerkannt
Sechs Schüler haben bereits zu Beginn die anerkannte Antwort gewählt und behalten diese auch am Ende und im Follow-up-Test bei. Videographiert wurden die Schüler EE70 und EA35, von denen EE70 in Lernimpuls 1 keine Stütze für die Antwort gibt und EA35 fachlich anerkannt auf die stärkere Teilchenbewegung und damit die größeren Abstände der Moleküle zueinander referiert. Zumindest bei EA35 kann somit vermutet werden, dass er von Beginn an ein fachlich anerkanntes Konzept des Verdampfens hat. Dieses zeigt sich auch im Follow-up-Test, in dem er schreibt:

> *Diese werden größer, weil sich die Teilchen durch das Erhitzen schneller bewegen. (EA35, Follow-up-Test)*

Schüler EE70 benennt während der Diskussion zumeist A als richtig, ohne eine anerkannte Stütze dafür zu geben. Er scheint jedoch - obwohl er sich über Antwort C amüsiert - zwischenzeitlich nicht überzeugt, dass diese nicht anerkannt sei. Insgesamt gibt es Hinweise, dass er sich seiner Antwort nicht sicher ist. In Lernimpuls 6 äußert er sich nicht, sodass auch hier keine Stütze oder Erklärung für die Antwort A vorliegt. Als Stütze benennt er im Follow-up-Test die geringere Dichte und damit eine phänomenologische Sichtweise. Über diese ist jedoch ein Vorgang auf Teilchenebene nicht zu stützen. Antwort B widerlegt er aufgrund der Ladung, die die Atome zusammenhalte. Inwieweit er mit Ladung temporäre Ladungsverteilungen innerhalb der Atome meint oder auf das Konzept von Teil- oder Ionenladungen referiert, wird nicht ersichtlich.

> *Die Dichte ist nicht mehr so hoch, da der Aggregatzustand sich ändert. Die Atome können aufgrund der Ladung nicht weiter auseinander gehen. Deshalb ist A richtig. (EE70, Follow-up-Test)*

Ob er ein in Gänze anerkanntes oder beispielsweise in Bezug auf die angesprochenen Ladungen nicht anerkanntes Konzept hat, kann anhand der vorliegenden Daten nicht geklärt werden.
Weitere Schüler, die in allen drei Phasen eine anerkannte Antwort vertreten, sind IL44, AD45, AL20 und UT40; die Videos dieser Gruppen konnten aus technischen Gründen nicht ausgewertet werden, sodass ein Bezug zu Aussagen während der Kleingruppenarbeit nicht möglich ist. IL44 referiert ebenfalls auf die stärkere Teilchenbewegung und damit auf den vergrößerten Abstand zwischen diesen. Dieses Konzept wird als fachlich anerkannt angesehen. AL20 und AD45 verwenden das Ausschlussverfahren und widerlegen die Antworten B, C und D gestützt. Schüler AL20 beschreibt weiterhin das „wilde Umherschwirren" der Moleküle als Phänomen, das auftritt, wenn ein Stoff gasförmig wird, und folgert so, dass Antwort A richtig sei. Auch wenn bei Schüler AD45 die Stütze, mit der Antwort D widerlegt wird, fachlich nicht anerkannt ist, werden sein und das Konzept von AL20 in Bezug auf das Verdampfen als anerkannt angesehen. Schüler UT40 beschreibt den Vorgang des Verdampfens, ohne jedoch eine Stütze im eigentlichen Sinne zu nennen:

> *Die Moleküle des Eugenol breiten sich in der Luft aus, das heißt, die Abstände zwischen den Molekülen werden größer. Dadurch verteilen sich z. B. auch Duftstoffe schneller in der Luft. (UT40, Follow-up-Test)*

Vielmehr beschreibt gerade der letzte Satz einen Zirkelschluss, da das Verteilen des Duftstoffes der Kontext war, der auf Teilchenebene erklärt werden sollte. Inwieweit hier ein in Gänze anerkanntes Konzept vorliegt, wird nicht deutlich. Im Ganzen ist es bei den bislang beschriebenen Schülern so, dass sie konsequent das anerkannte Konzept vertreten. Die Stützen sind unterschiedlicher Art und Qualität. Gerade innerhalb der Stützen *gegen* andere Antworten wird nicht gänzlich klar, ob fachlich anerkannte oder nur teilweise anerkannte Konzepte vorliegen.

Anerkannt - anerkannt - nicht anerkannt

Schüler AL61 bleibt von einer anerkannten Antwort zu Beginn auch während der Konzeption bei dieser Antwort. Im Follow-up-Test jedoch wählt er die Antwort, dass sich die Abstände der *Atome* zueinander vergrößern. Er begründet seine Antwort wie folgt:

> *Antwort C kann es nicht sein, weil es dann kein Eugenol-Molekül mehr sein würde. Antwort D ist es auch nicht, weil man Eugenol dann nicht erhitzten müsste, damit es verdampft. Ich habe mich für Antwort B entschieden, weil alle Stoffe außer Wasser sich beim Erhitzen ausdehnen. Deshalb brauchen die einzelnen Atome mehr Platz und ihre Abstände innerhalb der Eugenol-Moleküle vergrößern sich. (AL61, Follow-up-Test)*

Innerhalb seiner Gruppe war ein Schüler, der Antwort B vertreten hat und für diese Antwort auch aktiv einstand. Bereits in Lernimpuls 1 gab Schüler AL61 an, dass B auch die anerkannte Antwort sein könne - es wird entsprechend deutlich, dass er nicht vollkom-

men von Antwort A überzeugt ist. Während des Lernimpulses 3 stimmt der Schüler AL61 der Aussage zu, dass B geschwächt werde, da überall nur Teile des Moleküls vorhanden seien. In Lernimpuls 6 benennt er erneut Lernimpuls 3 als Grund für den Ausschluss von Antwort B. Auch wenn er sich in Lernimpuls 1 nicht von Antwort A überzeugt gezeigt hat, lassen sich während der Gruppenarbeit Hinweise auf das bewusste Entscheiden für die Antwort A finden. Die beschriebene Stütze auf phänomenologischer Ebene, dass sich ein Stoff ausdehne und sich daher auch die Moleküle selbst ausdehnen müssten, wurde während des Gesprächs nicht geäußert, sodass kein Indiz gefunden werden kann, dass der Wechsel der anerkannten Antwort hin zu einer fachlich nicht anerkannten aufgrund der Konzeption geschieht. Positiv hervorgehoben werden kann bei diesem Schüler das Ausschlussverfahren, mit dem er die Antworten C und D auszuschließen versucht. Die Stütze gegen Antwort C ist dabei anerkannt, jene gegen Antwort D nur bedingt, da das Konzept der Aktivierungsenergie nicht bedacht wird bzw. nicht vorhanden sein könnte.

Nicht anerkannt - anerkannt - anerkannt

Der hier beschriebene Wechsel von nicht anerkannter zu anerkannter Antwort ist der in Bezug auf das Gelingen der Konzeption wünschenswerte. Er wird in dieser Stichprobe von fünf Schülern realisiert: AS22, OC61, IM23, IL45 und HE61. Schüler AS22 und IL45 referieren auf die stärkere Teilchenbewegung und die damit verbundenen größeren Abstände der Moleküle. IL45 benennt zudem die geringer werdenden Kräfte zwischen den Molekülen als Grund für die größeren Abstände:

> *Die Abstände vergrößern sich → Moleküle werden beweglicher, weil Kräfte schwächer werden → verdampfen. (IL45, Follow-up-Test)*

IL45 wählte zuerst Antwort C aus, jedoch erarbeitete er eigenständig eine Stütze gegen seine Antwort und wechselte somit den Standpunkt zu Antwort A, den er ab diesem Zeitpunkt konsequent vertrat. Insgesamt kann bei ihm von einem anerkannten Konzept ausgegangen werden. Sein Gruppenmitglied OC61 wählte anfangs Antwort B und vertrat diese auch anfänglich gegen widerlegende Stützen von Gruppenmitgliedern in Lernimpuls 1, 2 und 3. Dabei schloss er sich jedoch am Ende von Lernimpuls 2 und 3 jeweils der Meinung an, dass Antwort B geschwächt werde, und benennt in Lernimpuls 6 Antwort B eigenständig als nicht anerkannt. Inwieweit dieses Konzept verinnerlich wurde, bleibt an dieser Stelle offen, da er im Follow-up-Test lediglich auf das Phänomen der geringeren Dichte referiert:

> *Die Dichte wird kleiner und so muss das Gas mehr Platz einnehmen. (OC61, Follow-up-Test)*

Ausführlicher beschreibt Schüler HE61 seine Wahl der Antwort A:

> *Ich glaube, dass Antwort A richtig ist, da wir damals in der Gruppe auf diese Lösung gekommen sind. Zudem haben wir damals durch das Experiment mit dem*

> *heißen Wasser und dem Luftballon D und C ausgeschlossen. (HE61,* Follow-up-Test)

Er hatte zu Beginn Antwort D gewählt und kann diese zumindest hier begründet ausschließen. Die Referenz des Ausschlusses von Antwort C aufgrund des Experiments kann mit dem Video nicht bestätigt werden: Die Schüler schlossen auf Basis des Experiments lediglich Antwort D aus. Da hier keine weitere Stütze für Antwort A genannt wird, wird auf ein eingeschränkt anerkanntes Konzept geschlossen. Positiv hervorzuheben ist die Tatsache, dass sich der Schüler noch an die Widerlegung seiner anfänglichen Antwort erinnert.

Eine ausführlichere Beschreibung des Ausschlussverfahrens gibt Schüler IM23:

> *Ich denke, dass es A ist, weil man die anderen Aussagen ausschließen kann: Wenn es verdampfen würde, weil es mit Luftsauerstoff reagiert, würde es auch ohne Erhitzen verdampfen, da es ja trotzdem im Kontakt mit Sauerstoff ist. B und C kann man auch ausschließen, da man in dem Gas noch immer das Eugenol riechen kann. Würden die Abstände der Atome zueinander größer, würde man ja nur Teile des Eugenol in die Nase bekommen, und somit auch nicht den normalen Eugenol-Geruch wahrnehmen. Bei C ist es genau, da man ja nur einzelne „Spaltungen" (Ionen?) des Eugenols in die Nase bekommt, man ja aber trotzdem den Geruch wahrnimmt, den es nun als Ganzes verbreitet. (IM23, Follow-up-Test)*

Bis auf das möglicherweise fehlende Konzept der Aktivierungsenergie schließt IM23 die nicht anerkannte Antwort erfolgreich aus und gelangt somit zu Antwort A. Sein Konzept wird daher als fachlich anerkannt gewertet.

KFF-1.2 i) Wie viele Schüler beziehen sich bei der Begründung auf die während der Doppelstunde angebotenen Lernimpulse? ii) Welcher Art sind diese Bezüge?

Deutlich wird ein Bezug auf die Lernimpulse bei den Schülern HE61, der explizit auf das Experiment sowie die Einigung der Gruppe verweist, sowie bei IM23, der im Ausschlussverfahren die während der Konzeption erarbeiteten Stützen gegen die Antworten B und C nennt. Bei den Schülern AL61 und AL20, die ebenfalls über das Ausschlussverfahren argumentieren, sind über den Hinweis eines fehlenden Geruchsstoffs bei einer Spaltung sowie des Ausschlussverfahrens mögliche Bezüge zu der Diskussion zu erkennen:

> *Wenn ein Stoff gasförmig wird, dann schwirren seine Moleküle wild umher → Abstände der Moleküle wird größer, da der Stoff weder oxidiert (D) noch sich die Atome irgendwie auseinanderziehen lassen (B) noch sich spalten können, denn dann wären es keine Eugenolmoleküle mehr (C) → Ausschlussverfahren. (AL20,* Follow-up-Test)

Die anderen Schüler, die zumeist über eine größere Teilchenbewegung, die geringere Dichte, einen Zirkelschluss oder das Ausschlussverfahren mit anderen als während der

Konzeption erarbeiteten Stützen argumentieren, zeigen keine Hinweise auf eine Bezugnahme zur Konzeption.

KFF-1.3 i) Gelingt es den Schülern, das in der Aufgabe konkret gelernte Beispiel zu verallgemeinern?
ii) Wie begründen sie ihre Antwort?

Die in Tabelle 51 aufgezeigte Trennung der Kombinationen (anerkannte vs. nicht anerkannte Aussagen) wird hier fortgeführt und die Vorstellungen anhand von Schülerzitaten verdeutlicht.

Anerkannt - anerkannt - anerkannt

Alle Schüler dieser Kategorie bejahen die Frage, ob sich die Vorgänge beim Verdampfen von Wasser auch auf andere Stoffe übertragen lasse. IL44 und AL20, die in Frage 1 fachlich anerkannte Stützen nannten, verweisen hier auf die entsprechende Antwort:

> *Ja, auf alle Stoffe, da alle Stoffe, die man lange genug erhitzt, irgendwann gasförmig werden. Siehe Antwort 1. (AL20, Follow-up-Test)*

Dieser Argumentation schließt sich auch UT40 an, der Folgendes schreibt:

> *Ich denke, dass das auf alle Stoffe, die verdampfen können, das heißt, gasförmig werden können, zutrifft. Weil sich Gase in der Luft und bei Hitze ausdehnen. (UT40, Follow-up-Test)*

AD45 nennt als Stütze die im Eugenol enthaltene Hydroxygruppe als Faktor beim Verdampfen und verallgemeinert die Fähigkeit, gasförmig zu werden, auf Stoffe, deren Moleküle Hydroxygruppen enthalten:

> *Na logo. Eugenol besitzt eine Hydroxygruppe (OH), das heißt, dass man fast jeden Stoff, der eine Hydroxygruppe besitzt zum Verdampfen bringen kann. Da der Stoff oxidiert (Sauerstoffzugabe). Man kann eigentlich alles verdampfen. (AD45, Follow-up-Test)*

Hervorzuheben ist hier die Vorstellung der Oxidation während des Verdampfungsvorgangs, welche er als „Sauerstoffzugabe“ beschreibt. Inwieweit hier tatsächlich auf eine Oxidation oder lediglich auf eine Mischung mit Sauerstoff referiert wird, kann nicht endgültig geklärt werden. Für letztere Deutung spricht jedoch seine Antwort zu Frage 1, in der er sich klar gegen eine Reaktion mit Sauerstoff ausspricht und Antwort A unter Nennung der Oxidation als anerkannte benennt:

> *Meiner Meinung nach ist Antwort A richtig, da das Eugenol-Molekül auch ohne Erhitzen mit Luftsauerstoff in Kontakt tritt. Also ist Antwort D ausgeschlossen. Folgend kann der Abstand innerhalb der Atome nicht größer werden, also ist Antwort B auch falsch. Um ein Molekül zu spalten, müsste man viel mehr Aufwand betreiben. Somit ist Antwort A die richtige. Da beim Erhitzen die Abstände der Eugenol-Moleküle größer werden aufgrund der Oxidation. (AD45, Follow-up-Test)*

Schüler EA35 referiert ebenfalls auf die Struktur der Moleküle, die in seiner Vorstellung einen Einfluss auf das Verdampfen zu nehmen scheinen. Aufgrund sprachlicher Schwierigkeiten, ist seine Antwort nicht endgültig zu deuten. Schüler EE70 bejaht die Frage, weiß jedoch nicht, warum dies so sei.

Anerkannt - anerkannt - nicht anerkannt

Schüler AL61 bejaht die Frage ebenfalls und stützt dieses mit der Tatsache, dass auch andere Stoffe sich beim Erhitzen ausdehnen. Damit impliziert er, dass auch die Atome dieser Stoffe mehr Platz benötigen:

> *Ja, der Vorgang ist auch auf andere Stoffe übertragbar, weil auch diese sich beim Erhitzen ausdehnen und somit mehr Platz brauchen. (AL61)*

Nicht anerkannt - anerkannt - anerkannt

IL45 und AS22, die in der Frage 1 auf die größere Teilchenbewegung referierten, übertragen dieses Konzept auch auf alle weiteren Stoffe:

> *Ja, da dieser Prozess bei jeglichem Sieden von allen Stoffen gleich ist. (AS22, Follow-up-Test)*

> *Ja, der Vorgang ist übertragbar, weil sich auch andere Moleküle auseinander bewegen können und so die Kräfte schwächer werden. Sie können ebenfalls so verdampfen. (IL45, Follow-up-Test)*

Eine ebenfalls fachlich anerkannte Vorstellung vertritt IM23, der die Verallgemeinerung am Beispiel von Wasser verdeutlicht und weiterhin auf die (zwischenmolekularen) Bindungen referiert und mit diesen die unterschiedlichen Siedepunkte begründet. Schüler OC61 bleibt auch in Frage 2 bei seiner Stütze über die Dichte und überträgt diese auf alle anderen Stoffe:

> *Ja, da auch bei anderen Stoffen die Dichte abnimmt, wenn sie erhitzt werden bzw. verdampfen. Dadurch muss auch deren Gas mehr Platz einnehmen. (OC61, Follow-up-Test)*

Schüler HE61 stützt seine Überlegung, dass der Vorgang auf andere Stoffe übertragbar sei, über den Vergleich von Eugenol als Alkohol zu anderen Alkoholen:

> *Ich denke ja, da Eugenol ein Alkohol ist und somit ein ähnlicher Aufbau bei anderen Alkoholen wie Ethanol, Propanol etc. vorhanden ist. (HE61, Follow-up-Test)*

Hier wird - wie bei AD45 und EA35 - auf die Struktur der Moleküle referiert. Diese Referenz ist dahingehend hervorzuheben, dass in den Lernimpulsen die Struktur der Moleküle in keiner Weise thematisiert wurde. Da jedoch bekannt ist, dass die Fähigkeit des Verdampfens von Schülern häufig mit der Struktur in Zusammenhang gebracht wird (z. B. in Form der Vorstellung, dass ein Molekül zu groß sei und daher Bindungen brechen müssten, damit der Stoff in Form von kleineren Teilchen verdampfen könne), besteht die Vermutung, dass auch diese Schüler eine Aggregatzustandsänderung nicht rein anhand der

Wechselwirkungen zwischen den Teilchen, sondern auch über den Faktor der Struktur betrachten.

6.2.2 Fazit zu „Nachhaltigkeit einer Konzeptentwicklung“

Eine langfristige Konzeptentwicklung ist aufgrund der Stabilität von Vorstellungen vermutlich nur bei aktiver Auseinandersetzung mit dem eigenen Konzept möglich. Die Proposition im Vorhersagesystem lautet entsprechend, dass eine langfristige Konzeptentwicklung durch aktive Auseinandersetzung mit der eigenen Vorstellung initiiert werden kann.

Sechs Schüler, die bereits zu Beginn und auch am Ende der Konzeption die anerkannte Antwort vertraten, vertreten diese auch im Follow-up-Test. Von diesen stützen drei ihre Antwort fachlich anerkannt mit einer größeren Teilchenbewegung, zwei Schüler argumentieren über den Ausschluss von anderen Antworten (wobei die Stützen dieser nicht immer anerkannt sein müssen) und ein Schüler argumentiert über einen Zirkelschluss. Insgesamt ist dieses Ergebnis positiv zu werten, da anerkannte Vorstellungen beibehalten werden und zumeist fachlich anerkannt gestützt werden. Unabhängig von der eigentlichen Thematik zeigten sich jedoch Schwierigkeiten, wie z. B. ein nicht angewendetes oder nicht vorhandenes Konzept der Aktivierungsenergie. Fünf Schüler, die ihre Vorstellung von einer nicht anerkannten zu Beginn zu einer anerkannten änderten, behielten diese veränderte Vorstellung bis zum Follow-up-Test bei. Sie begründeten die Antwort über die größere Teilchenbewegung (2), das Ausschlussverfahren (2) sowie eine geringere Dichte (1). Diese Entwicklung ist positiv zu deuten, da die veränderten Vorstellungen dauerhaften Bestand haben. Ein Schüler wechselte von einer anerkannten Vorstellung zu Beginn und am Ende der Konzeption zu einer nicht anerkannten im Follow-up-Test. Da dieser Schüler sich während der Konzeption begründet für die Antwort A entschied und Antwort B begründet ausschloss, ist es vermutlich nicht über die Konzeption zu erklären, dass er sich im Follow-up-Test für Antwort B entschied. Positiv zu werten ist hier, dass er seine anfängliche Antwort D auch im Follow-up-Test begründet ausschließt.

Auf die während der Konzeption erarbeiteten Stützen nehmen zwei Schüler explizit sowie zwei Schüler in Ansätzen Bezug. Fünf der zwölf Schüler begründen ihre Antwort mittels des Ausschlusses von anderen Antworten. Es ist nicht zu erwarten, dass die Schüler jeden Lernimpuls nach ca. sechs Wochen wiedergeben können, sodass die Tatsache, dass fünf von zwölf Schülern überhaupt Aussagen ausschließen sowie weitere fünf Schüler über das anerkannte Konzept der größeren Teilchenbewegung argumentieren, positiv zu werten ist.

Eine Aufgabe zur Verallgemeinerung des Verdampfungsvorgangs wird im Follow-up-Test gestellt. Anhand der in Lernimpuls 6 erstellen Definition eines Verdampfungsvorgangs (unabhängig vom Eugenol) wurde das Konzept erarbeitet. Insgesamt bejahen alle Schüler die Frage, ob der Prozess auf andere Stoffe übertragbar sei. Dabei wird jedoch von zwei

(bzw. mit EA35 drei) Schülern auf die Struktur der Moleküle referiert. Hier zeigt sich die Schülervorstellung, dass ein Verdampfungsvorgang häufig mit dem Faktor der Struktur in Zusammenhang gebracht wird. Dies ist hervorzuheben, da während der Konzeption die Struktur in den Lernimpulsen nicht thematisiert wird. Es scheint, dass die Schülervorstellungen zu dieser Thematik über die Konzeption hinaus Bestand haben. Ob sie im Rahmen der Phase der Reflexion, einer Phase der Unterrichtskonzeption, die aus Zeitgründen während dieser Studie nicht durchgeführt wurde (vgl. Kap. 5.2.1), deutlich werden würden, bleibt hier unbeantwortet. Sollte sich dieses Ergebnis in einer Nachfolgestudie in weiteren Gruppen zeigen, so wäre eine Thematisierung struktureller Aspekte vermutlich im Rahmen eines weiteren Lernimpulses oder zumindest im Rahmen der Reflexion sinnvoll.

Hervorzuheben ist als Fazit, dass das fachlich anerkannte Konzept bis auf einen Fall beibehalten wird bzw. ein während der Konzeption verändertes Konzept auch nach sechs Wochen noch Bestand hat. Kein Schüler fällt in seine ursprüngliche Vorstellung zurück, sodass die These, dass eine aktive Auseinandersetzung zu einer langfristigen Konzeptentwicklung führen kann, bestätigt wird.

6.3 Schülervorstellungen und Bezüge zu NOS

SVN-1 Schüler haben unterschiedliche Schülervorstellungen zu NOS

Die Thematik *nature of science* ist komplex und in sich different, sodass eine Thematisierung in der Schule nur in begrenztem Maße und auf bestimmte Aspekte fokussiert sinnvoll erscheint. Eine Kritik am Chemieunterricht ist, dass er ein naives Bild der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Verifikation einer These vermittelt. Die Konzeption choice^{2}learn geht intendiert einen anderen Weg und lässt die Schüler in Kleingruppenarbeiten über Falsifikation von Thesen - also dem Ausschlussverfahren - eine Lösung erarbeiten. Die Frage ist, ob die Schüler dieses Vorgehen erkennen, ohne dass es explizit thematisiert wird, und es gleichzeitig als gemeinsames Moment von Konzeption und naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ansehen.

Eine Analyse dieser Vorstellungen sowie einer potentiellen Veränderung war zu Beginn der für diese Arbeit durchgeführten Studie nicht intendiert. Im Rahmen der Pilotierung bzw. der ersten Datenaufnahme wurde jedoch deutlich, dass die Schüler auch ohne explizite Aufforderung Konzepte zu NOS reflektierten, sodass eine ergänzende Fallstudie durchgeführt wurde. Zu diesem Zeitpunkt war die Datenaufnahme der Schl-Gruppen abgeschlossen, sodass lediglich die KLS- und LFS-Gruppen den 8. Lernimpuls bearbeitet haben. Die Fragen in Lernimpuls 8 lauten:

1. Ist die Auswahlantwort, die ihr letztendlich gewählt habt, durch eure Argumentation bewiesen? Begründet eure Antwort.

2. (Inwiefern) Erkennt ihr einen Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in dieser Doppelstunde und der Art und Weise, wie man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangt?

SVN-1.1 i) Werden unabhängig von Lernimpuls 8 Äußerungen zu NOS getätigt? ii) Welcher Art sind diese?

Die Schl-Gruppen waren - nach erfolgreicher Pilotierung - die ersten der Datenaufnahme. Zu diesem Zeitpunkt bestand jedoch Lernimpuls 8 noch nicht.

Im Rahmen der Analyse der Konzeptentwicklungsprozesse fiel Schüler C121 (Schl3) auf, der auf die Aussage eines Schülers, dass er verwirrt sei, äußert:

> *Ich glaube, das Ziel ist hier, dass man sich nicht verwirren lässt, sondern, dass man versucht, einen kühlen Kopf zu bewahren und alles logisch nachzuvollziehen. Das ist halt so, ich glaube, so forscht man, man findet ja nicht direkt auf Anhieb die Lösung, man geht verschiedene Wege, um irgendetwas herauszufinden. (31:41)*

Ohne zur Reflexion aufgefordert zu sein, überträgt er das Vorgehen während der Kleingruppenarbeit auf die Forschung und zieht die Parallele, dass auch in der Wissenschaft verschiedene Wege gegangen werden müssten, um eine Erkenntnis zu erlangen.

In Gruppe Schl4 einigen sich die Schüler einstimmig auf Antwort A, ohne dieses anfangs zu stützen. Daraufhin äußert Schüler C127, dass sie sich ja „wirklich auf A einigen" (44:07) könnten. Hier wird deutlich, dass dem Schüler bewusst ist, dass eine Erkenntnis einer Stütze bedarf. Diese äußert er in Form der Falsifikation: „[denn] wir haben ja immer ein Gegenargument daraus aufgestellt" (C127, 44:09). C119 ergänzt, dass sie kein Gegenargument gegen A gefunden hätten. Weiter reflektiert C127: „Ja, genau und einmal das. Und wenn ein Gegenargument die Theorie entkräftet, dann hat sich das." (44:15) Während des Lernimpulses 3 haben die Schüler kurzzeitig für Antwort B argumentiert, was C119 jedoch wie folgt rechtfertigt: „Und meines Erachtens, die zwei, die für B gestimmt haben, wurden aber danach entkräftet." (44:28) Hier erarbeiten die Schüler das Ausschlussverfahren und reflektieren die Wahl in Begrifflichkeiten von NOS. Auch wenn diese Bezüge nur in zwei der vier Schl-Gruppen zu finden waren, waren sie der Anlass der Ergänzungsstudie. Entsprechend erhielten die KLS- und LFS-Gruppen den Lernimpuls 8.

In LFS2 referiert Schüler AE31 bereits in Lernimpuls 3 auf die Falsifizierung bzw. das Ausschlussverfahren, über welches die Konzeption arbeite, was von NH77 bestätigt wird. Auch in LFS3 wird bereits in Lernimpuls 6 die Wahl der Antwort A über das Ausschlussverfahren gestützt. Insgesamt traten explizite Bezüge zu NOS in diesen vier von den insgesamt zehn Gruppen auf. Nicht als expliziter Bezug wurden dabei Begriffe wie *Widerlegung* und *Bestätigung* einer Antwort gewertet, da über sie alleine keine Aussage über eine Vorstellung der Schüler getätigt werden kann. Die vier Gruppen sind hervorzuheben, da sie eine anspruchsvolle Transferleistung erbringen: Es gelingt ihnen, von der geforder-

ten fachlichen Ebene auf die Metaebene des *Wissens über das Wissen* zu wechseln und dabei über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu reflektieren.

SVN-1-2 Welche Vorstellungen über NOS werden im 8. Lernimpuls geäußert
i) zum Beweis der am Ende gewählten Antwort?
ii) zum Vorgehen in der Konzeption und den Naturwissenschaften?

Die zwei Fragen des Lernimpulses 8 lauten:

1. Ist die Auswahlantwort, die ihr letztendlich gewählt habt, durch eure Argumentation bewiesen? Begründet eure Antwort.
2. (Inwiefern) Erkennt ihr einen Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in dieser Doppelstunde und der Art und Weise, wie man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangt?

Für die Analyse der Fragen gelten die Kodierleitfäden zu Erkenntniswegen in den Naturwissenschaften sowie zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Anhang, Tab. XVIII und Tab. XIX) aus der Ergänzungsstudie, der an dieser Stelle nicht näher erläutert werden soll, da nur ausgewählte Ergebnisse beschrieben werden. Er wird in Kapitel 7 im Rahmen der Ergänzungsstudie näher erläutert.

In LFS1 sagt AS57, dass ihre Antwort bewiesen sei, dass sie gut argumentiert hätten. Dabei wurde zuvor und danach auf das Ausschlussverfahren referiert, sodass nicht klar ist, ob die Schüler die Antwort A als verifiziert oder die anderen Antworten als falsifiziert ansehen. Im letzteren Sinn wäre der Begriff des Beweises eher als Stärkung zu verstehen. In ähnlicher Weise verlaufen die Diskussionen von LFS2 und KLS3, in der die Antwort auch als „begründet“ (EE28, EN12) bzw. bewiesen gilt und als Stütze die ausgeschlossenen Antworten benannt werden. Auch hier referieren die Schüler explizit auf das Ausschlussverfahren. In LFS3 wird der Unterschied zwischen Verifikation und Falsifikation reflektiert: Während IM59 sagt, dass Antwort A über die Impulse bewiesen sei, schränkt AR09 wie folgt ein: „Beziehungsweise nicht entkräftet wurde. Nicht immer bewiesen aber nie entkräftet [..]“ (AR09, 30:03). AR09 scheint entsprechend der Unterschied zwischen Verifikation und Falsifikation bewusst zu sein. Dieser Unterschied wird von IM59 bestätigt und über den Verweis auf das Ausschlussverfahren ergänzt. Die Schüler in KLS5 vertreten ein naiveres Bild der Erkenntnisgewinnung: Sie sehen die Antwort als bewiesen an, da alle Gruppenmitglieder diese nachvollziehen könnten. Der zweite Teil des Lernimpulses wird nicht bearbeitet, sodass hier kein Hinweis auf ein angemesseneres Konzept gefunden werden kann.

In Bezug auf die Frage 2 nach dem Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in der Doppelstunde und der Art der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften benennen LFS1, LFS2, LFS3, LFS4 und KLS3 das Ausschlussverfahren explizit oder beschreibend. Die Schüler der LFS3 nennen dabei weiterhin verschiedene Thesen, die nacheinander entkräftet wurden. Ihnen ist entsprechend eine mögliche Parallelität verschiedener The-

sen in der Forschung bewusst. Dies wird ergänzt durch die Aussage, dass man über ein einzelnes Experiment keine (gesicherte) Erkenntnis erlangen könne. Lediglich die Schüler in KLS5 bearbeiten die Aufgabe nicht.
Insgesamt kann eine in diesen Aspekten von NOS angemessene Vorstellung erkannt werden. Auch wenn die Konzepte inhaltlich anerkannt sind, wie die Erkenntnis über Falsifikation bzw. das Ausschlussverfahren, sind die Begrifflichkeiten für die Schüler nicht genug ausdifferenziert: So wird beispielsweise von *bewiesenen* Thesen gesprochen, wenn die drei alternativen Thesen ausgeschlossen sind. In der Fachsprache würde hier von gestärkten, anerkannten oder nicht-falsifizierten Thesen gesprochen werden und damit impliziert sein, dass sie nicht bewiesen sind und sein können - sie können lediglich bis zu diesem Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden und scheinen damit am wahrscheinlichsten.

6.4 Gesprächsprozesse

6.4.1 Gesprächsanteile

G-1 Die Gesprächsanteile innerhalb einer Gruppe und gruppenübergreifend variieren.

G-1.1 Wie hoch sind die inhaltlichen und aufgabenspezifischen Redeanteile?

Unter *inhaltlichen* Redeanteilen werden Aussagen verstanden, die inhaltlich relevant sind, wie zum Beispiel die Bearbeitung von Lernimpulsen, die Klärung chemischer Sachverhalte unabhängig von Lernimpulsen sowie reflexive Aussagen über das eigene Wissen/Verstehen. Da diese Aussagen den zentralen Untersuchungsgegenstand darstellen, werden sie abgegrenzt von *aufgabenspezifischen* Aussagen. Diese beinhalten beispielsweise Erklärungen zur Struktur der Aufgabe, des Argumentationsbogens oder des Vorgehens sowie Diskussionen, ob ein Lernimpuls ausreichend bearbeitet sei (vgl. Anhang, Tab. III). Aufgabenspezifische Aussagen werden untersucht, um über das Verstehen der Konzeption an sich Aussagen treffen zu können.
Die Auswertung der Zeiten für inhaltliche Aspekte erfolgt sekundengenau; aus pragmatischen Gründen wurde diese Auswertung nicht für Aussagen bezüglich der Aufgaben durchgeführt. Einen Vergleich der Anteile von inhaltlich relevanten und aufgabenspezifischen Anteilen ist jedoch auf Basis der Kodierungen (vgl. Anhang, Tab. III) möglich. Die prozentuale Verteilung der Sprechakte in inhaltliche und aufgabenspezifische sind in Tabelle 52 dargestellt. (Für die genauere Beschreibung des Vorgehens sei an dieser Stelle auf Kap. 5.2.5.1 verwiesen, in der das Vorgehen in seinem eigentlichen Kontext beschrieben wird.)

Tab. 52: Anteile an aufgabenspezifischen und inhaltlichen Sprechakten

	Inhaltliche bzw. Ausgabensprezifische Sprechakte [%] pro Gruppe									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
Aufgabe	19	23	9	22	15	9	12	4	11	9
Inhalt	81	77	91	78	85	91	88	96	89	91

Alle Gruppen verwenden über Dreiviertel der Zeit auf inhaltlich relevante Aspekte; hervorzuheben sind die Gruppen Schl2 und Schl4, die sich mit 77 % und 78 % im unteren Bereich befinden, sowie die Gruppen Schl3, LFS2, KLS5 (je 91 %) und LFS4 mit 96 %, die sich durch hohe inhaltliche Beteiligung hervortun. Insgesamt wird der hauptsächliche Anteil der Zeit auf inhaltliche Aspekte angewendet; nicht einberechnet wurden Off-Topic-Zeiten, sodass im Ganzen die relativen Zahlen geringer anzusetzen sind. Dennoch können diese Zahlen als Hinweis gesehen werden, dass das Verständnis der Aufgabe gegeben ist und somit relativ wenig Zeit auf diese Aspekte verwendet werden muss.

G-1.2 Wie viel Zeit nehmen die inhaltlichen Aussagen der Schüler ein?

G-1.3 Wie hoch sind die Redeanteile der Schüler innerhalb einer Gruppe?

Die in Tabelle 53 genannten Redezeiten wurden auf Basis der rein inhaltlichen Redeanteile ermittelt; dieses sind die Aussagen, die in das Kodiersystem aufgenommen wurden. Aufgabenspezifische und Off-Topic-Aussagen wurden ignoriert. Die individuelle Redezeit wurde sekundengenau kodiert und Pausen nicht eingerechnet. Entsprechend stellen die dargestellten Redezeiten der Schüler und zusammengefasst die Redezeiten pro Gruppe einen weitaus geringeren Wert dar als die Dauer der eigentlichen Gespräche.

Die Zeiten des Lernimpulses acht sind grau dargestellt, da dieser Lernimpuls nicht von allen Gruppen bearbeitet wurde. Um auf den ersten Blick vergleichbare Werte zu erhalten, sind die Zeiten aus Lernimpuls acht in der Spalte der Redezeit der Gruppen abgerechnet. Die in grau dargestellten Zeiten beinhalten die Zeiten inklusive des achten Lernimpulses.

Tab. 53: Gesprächsdauer inhaltlich relevanter Aussagen

		Inhaltliche Redezeit absolut/Lernimpuls [min]								Redezeit absolut [min]	Redezeit relativ [%]	Redezeit/ Gruppe [min]
Gruppe	Schüler	1	2	3	4	5	6	7	8			
Schl1	C105	0:18	0:51	0:00	0:00	0:10	0:04	0:17		01:40	19,8	8:25
	C115	0:22	0:23	0:00	0:37	0:11	0:18	0:54		02:45	32,7	
	C106	0:27	1:22	0:00	0:04	0:09	0:16	0:13		02:31	29,9	
	C112	0:43	0:33	0:00	0:00	0:04	0:00	0:09		01:29	17,6	

Gruppe	Schüler	Inhaltliche Redezeit absolut/Lernimpuls [min] 1	2	3	4	5	6	7	8	Redezeit absolut [min]	Redezeit relativ [%]	Redezeit/ Gruppe [min]
Schl2	C120	0:28	0:15	0:27	0:14	0:15	0:00	0:15		01:54	12,0	15:50
	C104	1:02	0:45	0:45	1:51	0:28	0:01	1:46		06:38	41,9	
	C128	1:01	0:26	0:00	0:24	0:12	0:00	0:05		02:08	13,5	
	C129	0:49	0:57	1:11	1:48	0:05	0:03	0:17		05:10	32,6	
Schl3	C107	1:26	1:06	0:23	1:10	2:17	1:46	2:30		10:38	34,7	30:39
	C123	0:47	0:17	0:17	0:11	0:03	1:04	1:13		03:52	12,6	
	C113	0:45	0:31	0:16	0:14	0:14	0:38	1:20		03:58	12,9	
	C121	2:12	0:50	0:50	0:53	1:20	2:16	3:50		12:11	39,7	
Schl4	C119	0:34	1:07	2:01	0:30	0:17	0:23	0:12		05:04	30,1	16:50
	C126	0:31	0:35	0:02	0:32	0:10	0:01	0:14		02:05	12,4	
	C127	0:44	0:38	0:50	2:16	0:29	0:20	2:03		07:20	43,6	
	C132	0:35	0:27	0:31	0:16	0:15	0:10	0:07		02:21	14,0	
LFS1	LH14	0:29	0:27	0:17	0:12	0:10	0:06	0:00	0:00	01:41	18,6	8:41 9:02
	EN12	0:35	0:07	0:35	0:06	0:40	0:17	0:23	0:16	02:59	33,0	
	EE28	0:32	0:08	0:38	0:04	1:14	0:00	0:11	0:00	02:47	30,8	
	AS57	0:26	0:20	0:06	0:14	0:05	0:12	0:07	0:05	01:35	17,5	
LFS2	NH77	1:19	1:13	0:25	0:16	0:25	0:05	0:00	0:01	03:44	26,2	13:41 14:14
	HY42	1:15	1:02	0:46	0:05	1:04	0:00	0:29	0:23	05:04	35,6	
	AE31	0:54	0:47	0:45	0:40	0:28	0:05	0:27	0:07	04:13	29,6	
	DE12	0:29	0:16	0:07	0:12	0:01	0:01	0:05	0:02	01:13	8,5	
LFS3	UT31	0:32	0:43	0:28	0:28	0:34	0:00	0:00	0:16	03:01	23,8	11:38 12:40
	IM59	0:43	0:52	0:26	0:44	0:29	0:03	0:29	0:00	03:46	29,7	
	EB98	0:15	0:21	0:16	0:21	0:02	0:05	0:00	0:28	01:48	14,2	
	AR09	1:04	1:08	0:07	0:30	0:32	0:03	0:23	0:18	04:05	32,2	
LFS4	EN40	1:13	0:12	0:30	0:12	0:00	0:10	0:00	0:01	02:18	15,9	13:52 14:30
	EK91	0:00	0:00	0:01	0:03	0:00	0:00	0:00	0:00	00:04	0,5	
	OL53	1:18	1:01	0:45	1:41	0:50	0:09	0:30	0:11	06:25	44,3	
	RV98	0:46	0:24	1:14	1:26	1:22	0:02	0:03	0:26	05:43	39,4	
KLS3	HE61	0:01	0:06	0:02	0:21	0:26	0:15	0:17	0:08	01:36	11,5	15:17 13:55
	AL61	0:25	0:20	0:06	0:10	0:04	0:05	0:07	0:01	01:18	9,3	
	IM23	1:09	1:34	0:43	0:08	0:15	0:47	0:39	0:22	05:37	40,4	
	AR12	0:45	1:32	0:44	1:08	0:37	0:13	0:18	0:07	05:24	38,8	

Gruppe	Schüler	Inhaltliche Redezeit absolut/Lernimpuls [min] 1	2	3	4	5	6	7	8	Redezeit absolut [min]	Redezeit relativ [%]	Redezeit/ Gruppe [min]
KLS5	CC61	0:43	0:52	0:16	0:20	0:05	0:20	0:05	0:04	02:45	20,1	13:23 13:42
	EE70	0:47	0:17	0:10	0:05	0:23	0:01	0:38	0:14	02:35	18,9	
	EA35	1:59	0:34	0:29	0:11	0:04	0:00	0:01	0:00	03:18	24,1	
	IL45	1:53	0:39	1:48	0:23	0:11	0:09	0:00	0:01	05:04	37,0	

Die Redezeiten der Schüler schwanken zwischen 8:25 min und 30:39 min. Schl1 und LFS1 weisen mit 8:25 min bzw. 8:41 min die geringsten Redeanteile auf, Schl3 mit 30:39 min den höchsten. Die restlichen Gruppen befinden sich mit Zeiten zwischen 11:38 min und 16:50 min im mittleren Bereich.

Gruppe Schl3, die mit 30:39 min mit Abstand die höchste inhaltliche Redezeit aufweist, ist gleichzeitig die einzige Gruppe, die zu einer nicht anerkannten Antwort gelangt. Auffällig ist bei dieser Gruppe, dass sie bei Lernimpuls 1 sowie Lernimpuls 5, 6 und 7 im Vergleich zu den anderen Gruppen eine hohe Redezeit aufweist. Bereits beim ersten Lernimpuls scheint entsprechend Klärungsbedarf zu bestehen, da die Schüler sich ihre Vorstellungen ausführlich beschreiben (vgl. Kap. 6.1). Über die Lösung zu Lernimpuls 5 wird lange diskutiert, jedoch ohne zur anerkannten Stütze zu gelangen. Lernimpuls 6 und 7 sind geprägt von Diskussionen um die Einigung auf eine Antwort sowie von inhaltlicher Diskussion zu bestimmten Lernimpulsen. Während sich andere Gruppen bei jedem Lernimpuls einig waren, beginnen die Schüler in Schl3 erneut entsprechende fachliche Diskussionen zu bereits bearbeiteten Lernimpulsen. Auffällig ist dabei, dass viele Informationen ignoriert oder umgedeutet werden, sodass stetig neue Diskussionen zu bereits behandelten Themen aufkommen.

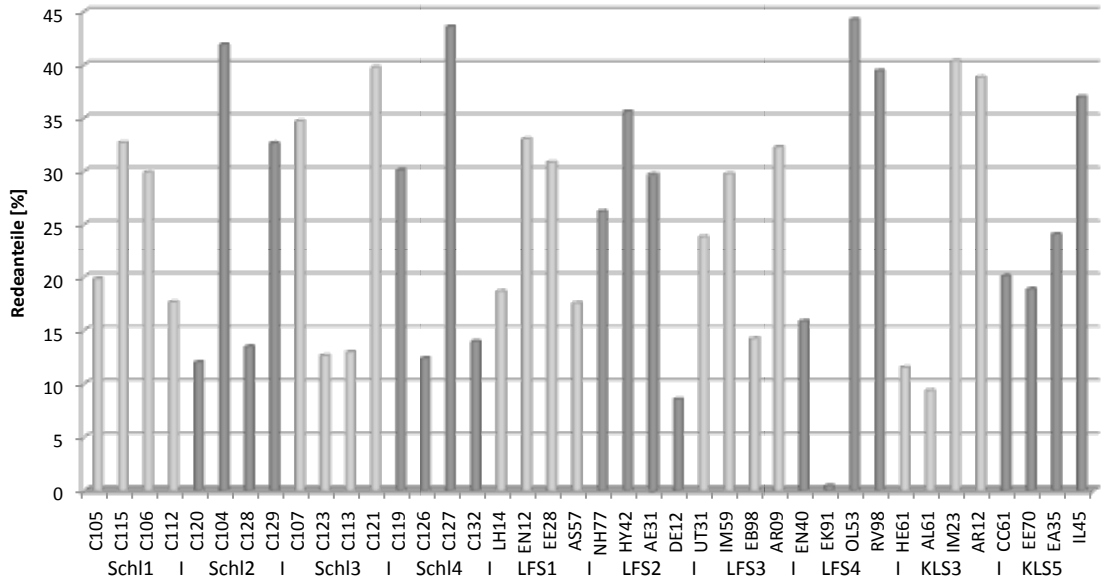


Abb. 62: Relative inhaltliche Redeanteile

In der Abbildung 62 sind die relativen inhaltlichen Redeanteile verdeutlicht. Es sind drei Muster zu erkennen, die im Folgenden beschrieben werden:

Zwei/zwei
Zwei Schüler beteiligen sich stark, zwei weniger stark am Gespräch. (Differenz innerhalb der hohen/geringen Beteiligung ist geringer als 10 %.) Diesem Muster entsprechen die Gruppen Schl1, Schl2, Schl3, LFS1 und KLS3. Das Muster kann unterschiedlich stark ausgeprägt sein; so sind die Redeanteile in Schl1 und LFS1 ausgeglichener als in Schl2, Schl3 und KLS3.

Eins/eins/zwei
Zwei Schüler beteiligen sich ungefähr gleich (Differenz weniger als 10 %), die anderen Schüler beteiligen sich in unterschiedlichem Maße. Schl4 entspricht diesem Muster mit C126 und C132 als wenig beteiligte, C119 stark und C132 sehr stark beteiligten Schülern. Ein extremer Vertreter des Musters ist Gruppe LFS4, in der sich zwei Schüler sehr stark beteiligen, Schüler EN40 wenig und Schüler EK91 mit insgesamt 0,41 % nahezu gar nicht.

Eins/drei
In diesem Muster fällt ein Schüler durch im Vergleich zu den anderen Schülern höhere oder geringere (mehr oder weniger als 10 %) Redeanteile auf. Diesem Muster entsprechen die Gruppen LFS2, LFS3 und KLS5. In LFS2 und LFS3 äußert es sich dahingehend, dass sich ein Schüler weniger beteiligt; in KLS5 dagegen beteiligt sich Schüler IL45 stärker am Gespräch als seine Gruppenmitglieder. Der Schüler IL45 hat sich zu Beginn für eine nicht anerkannte Antwort entschieden.
Insgesamt kann eine mögliche Befürchtung im Rahmen der Konzeption, dass ein Schüler mit fachlich anerkannter Antwort die entsprechende Gruppe dominiert, während sich die anderen Gruppenmitglieder dessen Meinung vermehrt nur anschließen, zumindest in Bezug auf die zeitliche Beteiligung, ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für die Gruppe KLS5, in der zwar ein Schüler mit relativ hohem Redeanteil vertreten ist, dieser jedoch eine fachlich nicht anerkannte Antwort gewählt hat.
Werden die Redeanteile der einzelnen Schüler *pro Lernimpuls* betrachtet und jeweils die Schüler markiert, die den höchsten bzw. geringsten Redeanteil aufweisen, so entsprechen die Schüler der Gruppen Schl1, Schl2, Schl3, Schl4, LFS und KLS3 den in den vorigen Abschnitten beschriebenen Mustern: Schüler mit geringem/hohem Redeanteil insgesamt sind auch die Schüler, die sich tendenziell in den Lernimpulsen wenig/häufig beteiligen. Anders sieht die Verteilung in den Gruppen LFS1, LFS2, LFS3 und KLS5 aus: In diesen Gruppen ist die Beteiligung pro Lernimpuls stärker verteilt, sodass auch Schüler hoher/geringer Beteiligung insgesamt sich in einzelnen Lernimpulsen am wenigsten/meisten beteiligen:

LFS1 entspricht Muster *zwei/zwei*; LH14 und AS57 beteiligen sich insgesamt wenig. Pro Lernimpuls nimmt der Schüler LH14 jedoch immer mit mittlerer und einer höchsten Zeit am Gespräch teil. AS57 dagegen spiegelt eher die Tendenz seiner gesamten geringen Redezeit wider: Er ist bei vier Lernimpulsen am geringsten beteiligt, jedoch in Lernimpuls 4 am meisten. Schüler EN12 und EE28 haben zwar bei drei bzw. zwei Lernimpulsen die höchste Beteiligung, jedoch auch bei jeweils einem die geringste.
LFS2 und LFS3 entsprechen dem Muster *eins/drei* mit geringer Beteiligung eines Schülers. In LFS2 ist Schüler DE12 mit drei Lernimpulsen geringer Beteiligung zwar klar auf dem unteren Level der Redeanteile; auffällig ist hier jedoch, dass bei den fünf weiteren Lernimpulsen die geringste Beteiligung auf die drei anderen Schüler verteilt ist, während er sich in mittlerem Maße beteiligt. Bei LFS3 ist Schüler EB98 der mit dem geringsten Redeanteil insgesamt; dieses spiegelt sich in fünf Lernimpulsen mit geringster Beteiligung wider; er äußert sich jedoch auch in den Lernimpulsen 6 und 8 am meisten. Bei den anderen Schülern verteilen sich die geringsten, mittleren und höchsten Redeanteile relativ gleichmäßig.
In der Gruppe KLS5 äußert sich Schüler IL45 insgesamt am meisten (Muster *eins/drei*); innerhalb der Lernimpulse hat er zwei Mal die höchste Beteiligung. Die anderen Schüler haben jedoch mit einem, zwei und drei Mal/en ebenfalls Lernimpulse mit höchster Beteiligung aufzuweisen. Die Lernimpulse mit höchsten bzw. geringsten Redeanteilen sind hier über alle vier Schüler verteilt.
Insgesamt kann bei den Gruppen LFS1, LFS2, LFS3 und KLS5 zusammenfassend gesagt werden, dass die Beteiligung je Schüler über die Zeit hinweg nicht konsequent ist, sondern von Lernimpuls zu Lernimpuls schwankt. Bei den Gruppen Schl1, Schl2, Schl3, Schl4, LFS4 und KLS3 sind die häufigsten/geringsten Redeanteile weniger verteilt, sondern spiegeln eher den Gesamtredeanteil wider.
Die bereits beschriebene Tendenz in Gruppenarbeiten, dass sich einige Schüler beteiligen, während ein oder mehrere Schüler die Rolle des „Dritten“ einnehmen, der sich vergleichsweise wenig beteiligt, wird auch hier deutlich. Während in den Gruppen Schl1, Schl2, Schl3, Schl4, LFS und KLS3 die Rolle des Dritten relativ konstant vertreten wird, wechselt sie innerhalb der Gruppen LFS1, LFS2, LFS3 und KLS5 je nach Lernimpuls. Positiv hervorzuheben ist die Tatsache, dass die Gruppen nicht von einem Schüler mit fachlich anerkannter Antwort dominiert werden.

G-1.4 Lässt sich von sprachlich geringer Beteiligung auf geringe Aufmerksamkeit schließen?

Die Redeanteile innerhalb einer Gruppe variieren stark. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich - zumindest sprachlich - die Rolle des „Dritten“ folgern, der sich weniger am Gespräch beteiligt als seine Gruppenmitglieder. Die Frage ist, ob sie dabei dem Inhalt des Gespräches folgen oder abgelenkt sind. Für diese Frage werden die beschriebenen Betei-

ligungsmuster (vgl. Abb. 62) aufgegriffen und mit inhaltlicher Beteiligung der Schüler verglichen.

Zwei/zwei

Zwei Schüler beteiligen sich stark, zwei weniger am Gespräch. Mit fünf zugeordneten Gruppen ist dies das am meisten vertretene Muster, wobei die Unterschiede in den zwei Extrema in unterschiedlichem Maße realisiert werden können.

In Schl1 sind C105 und C112 wenig beteiligt, während besonders C106 die Rolle des Strukturierenden einnimmt. C105 vertritt seine Antwort zu Beginn ausführlich, ist jedoch ab Lernimpuls 3 wenig beteiligt. Er stellt eine Rückfrage (Lernimpuls 5) und folgert zum Schluss, dass A aufgrund der Brownschen Molekularbewegung richtig sei. Diese Aussagen bieten Hinweise, dass er der Diskussion zumindest folgt, auch wenn er nur wenig aktiv beteiligt ist. Auch C112 beteiligt sich ab Lernimpuls 3 weniger; er nennt bei Lernimpuls 5 eine These, die er jedoch nach Rückfrage von C105 wieder zurücknimmt. In Lernimpuls 6 behauptet er, dass trotz letztendlicher Entscheidung für A seiner Meinung nach B richtig sei, er es aber nicht erklären könne. Insgesamt ist Schüler C112 häufiger abgelenkt und off-topic, beteiligt sich jedoch in regelmäßigen Abständen auch inhaltlich am Gespräch; inwieweit er der Diskussion in Gänze aktiv folgt, lässt sich aus seinen Aussagen nicht folgern. C105 beteiligt sich ebenfalls wenig, erscheint jedoch wenig abgelenkt oder off-topic und fasst am Ende eine Definition zusammen, sodass er als gedanklich beteiligt gilt.

In Schl2 beteiligen sich C120 und C128 wenig am Gespräch. C120 nennt in seinen Sprechakten seine Antwort, kann diese jedoch nicht im Detail erklären; es wird ersichtlich, dass er von dem Konzept zwar überzeugt, sich jedoch in der konkreten Realisierung nicht sicher ist (z. B. in der Frage, wo genau das Eugenolmolekül gespalten wird). Seine Aussagen beschränken sich teils auf Ein- bis Zweiwortsätze, durch die man nicht auf ein zugrunde liegendes Konzept folgern kann. Am Ende fragt er trotz Thematisierung und Widerlegung seiner Antwort durch die anderen Schüler erneut nach, wieso seine Antwort falsch sei. Der Schüler ist zwar zwischenzeitlich sprachlich beteiligt, jedoch wird nicht deutlich, ob er der Diskussion in ihren Einzelheiten folgt. C128 beteiligt sich und schlussfolgert eigenständig; in Lernimpuls 3 und 4 ist er aufgrund seines Fehlens nicht beteiligt. Insgesamt können Aussagen und Schlussfolgerungen als Hinweise gelten, dass er der Diskussion folgt. In dieser Gruppe ist es klar Schüler C104, der die Gruppe sowohl fachlich als auch strukturell leitet. Er arbeitet dabei jedoch auch viel alleine und erklärt den Mitgliedern im Nachhinein seine Gedanken.

In LFS1 sind AS57 und LH14 wenig beteiligt. AS57 nennt Behauptungen und Schlussfolgerung und beteiligt sich besonders in Lernimpuls 6 (Einigung), indem er ein Fazit zieht. LH14 beteiligt sich ebenfalls und schreibt zudem den Argumentationsbogen eigenständig und ohne stetige Formulierungsfragen. Bei beiden Schülern können die beschriebenen Aspekte als Hinweis dienen, dass sie der Diskussion folgen.

Eins/eins/zwei

Dieses Muster wird von zwei Gruppen realisiert; hier beteiligen sich zwei Schüler in etwa gleich stark und zwei weichen in unterschiedlichem Maße ab. In Schl4 beteiligt sich ein Schüler sehr stark, einer stark und zwei beteiligen sich wenig. Schüler C127 hat in der Gruppe sowohl die strukturierende als auch eine fachliche Führungsrolle übernommen. C126 beteiligt sich besonders über Aussagen und Zustimmungen an der Diskussion und folgert am Ende, dass Antwort A richtig sei. Zeitweise ist er abgelenkt und somit off-topic. Insgesamt geben seine Aussagen Hinweise darauf, dass er der Diskussion folgt. C132 hat die Aufgabe übernommen, den Argumentationsbogen auszufüllen. Dies tätigt er eigenständig, wenn auch unter Rückfragen bzgl. der Formulierung bestimmter Dinge. Gerade das eigenständige Ausfüllen des Argumentationsbogens gilt als Hinweis, dass er der Diskussion folgt.

In LFS4 wird das Muster in anderer Weise realisiert: Hier beteiligen sich zwei Schüler sehr stark, einer weniger und einer tendenziell überhaupt nicht. Auffällig ist hier, dass zu Beginn auch der später weniger beteiligte Schüler EN40 am Gespräch teilnimmt, jedoch nach Lernimpuls 3 merklich weniger aktiv ist. Er verfolgt jedoch das Gespräch und folgert jeweils am Ende, ob eine Antwort gestärkt oder geschwächt wird. Ob der sich nicht beteiligende Schüler EK91 gedanklich der Diskussion folgt, ist an dieser Stelle nicht zu beantworten, da keinerlei Hinweise für eine Bewertung vorliegen.

Eins/drei

Drei Schüler beteiligen sich in etwa gleich stark, einer weicht nach oben oder unten ab. In den Gruppen LFS2 und LFS3 wird dies auf die Weise realisiert, dass sich je ein Schüler weniger beteiligt. In beiden Gruppen nennen die wenig beteiligten Schüler DE12 und EB98 Schlussfolgerungen, stimmen zu etc., sodass gefolgert werden kann, dass sie der Diskussion folgen. EB98 übernimmt als wenig beteiligter Schüler zudem das Schreiben des Argumentationsbogens.

In KLS5 beteiligt sich ein Schüler stärker als die anderen drei: Er zeichnet sich dadurch aus, dass er das Gespräch zu strukturieren versucht und viel erklärt, jedoch nicht immer von seinen Gruppenmitgliedern wahrgenommen bzw. beachtet wird. Der Schüler OC61 schreibt den Argumentationsbogen; seine Aussagen werden zu Beginn wenig beachtet, jedoch versucht er sich zu beteiligen. Im Verlauf des Gesprächs beteiligt er sich aktiv daran. Auch EA35 und EE70 geben über Aussagen, Zustimmungen und Schlussfolgerungen Indikatoren, dass sie der Diskussion folgen.

Insgesamt kann das Fazit gezogen werden, dass aus sprachlich geringer nicht auf gedanklich geringe Beteiligung geschlossen werden kann. Schüler geringerer Beteiligung äußern sich tendenziell eher zu Beginn sowie zum Ende eines Lernimpulses. Gerade das Schlussfolgern einer Stärkung oder Schwächung einer Antwort sowie das Schreiben des Argu-

mentationsbogens werden als Hinweise gesehen, dass die entsprechenden Schüler der Diskussion folgen.

G-1.5 Wie viel Zeit nimmt jeder Lernimpuls ein?

Tabelle 54 zeigt die absoluten Redezeiten der Gruppen pro Lernimpuls.

Tab. 54: Gesprächsdauer inhaltlich relevanter Aussagen pro Lernimpuls

	Inhaltliche Redezeit absolut/Lernimpuls							
Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8
Schl1	1:50	3:09	0:00	0:41	0:34	0:38	1:33	-
Schl2	3:20	2:23	2:23	4:17	1:00	0:04	2:23	-
Schl3	5:10	2:44	1:46	2:28	3:54	5:44	8:53	-
Schl4	2:24	2:47	3:24	3:34	1:11	0:54	2:36	-
LFS1	2:02	1:02	1:36	0:36	2:09	0:35	0:41	0:21
LFS2	3:57	3:18	2:03	1:13	1:58	0:11	1:01	0:33
LFS3	2:34	3:04	1:17	2:03	1:37	0:11	0:52	1:02
LFS4	3:17	1:37	2:30	3:22	2:12	0:21	0:33	0:38
KLS3	2:20	3:32	1:35	1:47	1:22	1:20	1:21	0:38
KLS5	5:22	2:22	2:43	0:59	0:43	0:30	0:44	0:19
gesamt	32:16	25:58	19:17	21:00	16:40	10:28	20:37	03:31

Der offene *Lernimpuls 1*, in dem die Schüler ihre Vorstellungen beschreiben und schon beginnen können, Antworten zu stärken oder zu schwächen, nimmt mit insgesamt 32:16 min die meiste Zeit in Anspruch. Die Zeiten liegen hier zwischen 1:50 min (Schl1) als Minimum und 5:10 min (Schl3) bzw. 5:22 min (KLS5) als Maximum. Inhaltlich wird die Zeit sehr unterschiedlich gefüllt: Während Schl3 die Zeit produktiv nutzt, um sich die Antworten vorzustellen und Argumente zu sammeln bzw. zu ko-konstruieren, ist die Zeit von KLS5 neben produktiven Phasen geprägt von einem Disput zwischen zwei Schülern, von denen einer Antwort C vertritt, während der andere von der Antwort eher amüsiert ist.

Zeitlich folgt *Lernimpuls 2*, der mit dem Aufstellen der Thesen sowie dem Auswerten für alle Antworten relativ viel Zeit einnimmt. Die Zeiten variieren hier zwischen 1:02 min und 3:32 min. *Lernimpuls 3* nimmt insgesamt 19:17 min ein. Diese geringe Zahl ist unter anderem mit dem völligen Fehlen einer Gruppe (Schl1) zu erklären, die den Lernimpuls nicht bearbeitet, sondern lediglich auf eine vorhandene Zeichnung verweist. Schl4 verwendet mit 3:24 min die meiste Zeit auf den Lernimpuls: Das Gespräch ist geprägt von produktiven Phasen, in denen Argumente sowohl für als auch gegen die Antwort gesammelt und ko-konstruiert werden. *Lernimpuls 4* nimmt insgesamt 21:00 min in Anspruch.

Die Zeiten hier sind sehr unterschiedlich verteilt von 0:36 min bis 4:17 min. LFS1 mit 0:36 min entwickeln sehr schnell ein Argument gegen D, welches zwar nicht von allen Mitgliedern geteilt, aber dennoch aufgeschrieben wird. Schl2 mit 4:17 min benennt viele Eigenschaften der gefragten Stoffe. Weiterhin ist die Zeit geprägt von einem Disput zweier Schüler, von denen einer seine (nicht anerkannte) Vorstellung erklärt, während der andere diese zu verstehen und zu widerlegen versucht. Beide Gruppen gelangen zu einer anerkannten Stütze. *Lernimpuls 5* nimmt mit 16:40 min die von den Lernimpulsen, die Input liefern (Lernimpulse 2-5), die wenigste Zeit ein. Die Zeiten schwanken zwischen 0:34 min bei Schl1, die den Impuls trotz Disput nicht ausdiskutiert, und 3:54 bei Schl3, bei denen das Gespräch weitläufig und etwas ausschweifend über Beispiele wie den Kühler eines Autos verläuft, jedoch nicht zur anerkannten Stütze führt. *Lernimpuls 6* ist die Einigung auf eine Antwort. Sie nimmt insgesamt nur 10:28 min in Anspruch, was relativ wenig ist, wenn man bedenkt, dass die Aufgabe war, sich den Argumentationsbogen anzuschauen und sich begründet für eine Antwort zu entscheiden. Diese schon geringe Zeit wird anteilig geringer, wenn man die Zeit von Schl3 abzieht, die alleine 5:44 min für diesen Impuls verwenden. Abgesehen von Schl3 werden zwischen 0:04 min und 1:20 min für die Aufgabe aufgewendet. Ein möglicher Grund für diese kurze Zeit, der auch bei Betrachtung des Gesprächsinhalts gestützt wird, ist, dass den Schülern die Antwort im Zuge der Diskussion verständlich geworden ist, sodass eine Einigungsphase kaum benötigt wird. *Lernimpuls 7* ist die Abgrenzung eines Aggregatzustandswechsels von einer chemischen Definition und erfordert die Abstraktion des bis dahin Erlernten. Für diesen Lernimpuls werden insgesamt 20:37 min aufgebracht. Auch hier ist Schl3 mit 8:53 min hervorzuheben; die Zeit wird jedoch nicht nur für die Einigung, sondern auch für die Diskussion bisheriger Ergebnisse verwendet. Sieht man von dieser Gruppe ab, so liegen die Zeiten zwischen 0:41 min und 2:36 min. Diese relativ kurze Zeit wird in Kombination mit der meist fachlichen Anerkanntheit der Aussagen als Hinweis darauf gesehen, dass das Thema tief durchdrungen wurde, sodass eine Abstraktion relativ schnell erfolgen kann.

6.4.2 Fazit zu „Gesprächsanteile“

Die im theoretischen Vorhersagesystem formulierte Proposition lautet, dass die Gesprächsanteile sowohl gruppenübergreifend als auch innerhalb einer Gruppen variieren.
Im Vergleich von aufgabenspezifischen und inhaltlichen Redeanteilen ist festzuhalten, dass alle Gruppen die hauptsächliche Zeit für inhaltliche Themen nutzen; durchschnittlich liegt dieser Anteil bei 87 % inhaltlicher Aspekte, wobei Schl2 mit 77 % den geringsten und LFS4 mit 96 % den höchsten Anteil aufweisen. Off-Topic-Zeiten wurden hier in die Quantifizierung nicht einbezogen.
Die sekundengenau kodierten Redeanteile der inhaltlichen Aspekte variieren sowohl gruppen- als auch schüler- und lernimpulsübergreifend.

Die Redeanteile der Gruppen variieren zwischen 8:25 min und 30:39 min, wobei der letzte Wert zur Gruppe Schl3 gehört, die als einzige am Ende eine fachlich nicht anerkannte Antwort gewählt hat. Zu begründen ist dies mit relativ ausschweifenden und zum Teil unstrukturierten Gesprächen, die nicht in klaren Schlussfolgerungen enden bzw. diese erneut zur Diskussion gestellt werden.
Innerhalb der Gruppen sind verschiedene Muster der Rollenverteilung zu erkennen: Die Schüler sind nicht gleichmäßig beteiligt, sondern es gibt die Muster zwei/zwei, ein/eins/zwei und eins/drei, die auf unterschiedliche Arten realisiert werden können. Es ist auf Basis der Redezeiten in keiner Gruppe zu beobachten, dass ein Schüler eine Gruppe dominiert. Dies dient bereits als erster Hinweis, dass Schüler mit fachlich anerkannter Antwort ihr Wissen nicht referieren, sondern - mit einer Ausnahme - die Schüler in angemessenen Redeanteilen miteinander sprechen. Weiterhin kann von sprachlich geringerer nicht auf gedanklich geringe Beteiligung geschlossen werden, da auch sprachlich wenig beteiligte Schüler Hinweise wie das eigenständige Schreiben des Argumentationsbogens oder das Nennen von Schlussfolgerungen geben, dass sie der Diskussion aktiv folgen.
Die Dauer der bearbeiteten Lernimpulse schwankt gruppen- sowie lernimpulsübergreifend. Zwischen Bearbeitungszeit und fachlich anerkannter Lösung ist dabei kein Zusammenhang zu erkennen. Für die zusammenfassenden bzw. abstrahierenden Aufgaben in Lernimpuls 6 und 7 (Einigung; Definition vom Aggregatzustandswechsel und Abgrenzung zu einer chemischen Reaktion) wird abgesehen von Gruppe Schl3 relativ wenig Zeit benötigt. Dies gilt als Hinweis, dass die Thematik in Form der zuvor bearbeiteten Lernimpulse verstanden wurde und präsent ist.

6.4.3 Gesprächsmuster kollaborativer Argumentationen

G-2 Die Schüler nutzen typische Muster einer kollaborativen Argumentation

Naturwissenschaftliche Gespräche sowie Gespräche im naturwissenschaftlichen Unterricht zeichnen sich häufig durch eine kollaborative Form der Diskussion aus. In den Kapiteln 2.3 und 2.4 wurde der theoretische Hintergrund zum kollaborativen Argumentieren sowie in Kapitel 5.2.5 die methodische Vorgehensweise dargelegt und begründet. Im Folgenden sei daher nur sporadisch und in stark verkürzter Form auf bestimmte theoretische Aspekte und damit einhergehende Intentionen der Vorgehensweise hingewiesen.
Eine kollaborative Argumentation zeichnet sich zusammengefasst unter anderem durch die gemeinsame Zielsetzung einer Problemlösung bzw. des Wissenszuwachses aus. Die Diskussionen verlaufen mit- statt gegeneinander, sodass eine Überzeugungsabsicht in den Hintergrund tritt. Ein grundlegendes Kennzeichen des *gemeinsamen* (kollaborativen) Erarbeitens sind aufeinander abgestimmte Bezüge im Sinne von aufeinander bezogenen Sprechakten. Eine Grundlage einer kollaborativen *Argumentation* ist die Äußerung von Behauptungen sowie deren Stützung. Entsprechend sollen im Folgenden sowohl Kennzeichen einer Argumentation als auch der Kollaboration untersucht werden.

G-2.1 i) Wie häufig stützen Schüler ihre Behauptungen?
ii) Welcher Art sind diese Stützen?

Ein notwendiger Bestandteil von Argumentationen ist das Nennen von Stützen - meist Begründungen -, über die Behauptungen gestärkt oder geschwächt werden. Entsprechend stellt sich die Frage, ob Schüler diese Notwendigkeit erkennen und Stützen nennen. Sie grenzt sich von der Frage im Zuge der Konzeptentwicklungsprozesse ab, da hier zum einen die *Gesamtzahl* der Stützen (also auch wiederholt genannte) gewertet wird sowie zum zweiten alle Arten der Stützen beachtet werden: anerkannte, nicht anerkannt und zirkuläre (Zirkelschlüsse). Zirkelschlüsse bezeichnen scheinbar stützende Sprechakte, die jedoch bereits als Information gegeben sind und somit eher einer Voraussetzung entsprechen. Ein Beispiel für eine zirkuläre Stütze von Antwort C (Spalten der Moleküle) wäre beispielsweise, dass es erhitzt wird. Die Hitze wäre hier eine Begründung, wieso es verdampft, jedoch keine Begründung, wieso dabei angeblich die Moleküle zerbrechen. Ein Beispiel für eine zirkuläre Stütze zu Antwort D ist die Aussage, dass die Moleküle mit Luftsauerstoff reagieren und sich so verteilen.
Tabelle 55 zeigt die Anzahl der zu stützenden Behauptungen sowie der genannten Stützen, die sich auf eine zu stützende Behauptung beziehen, differenziert in anerkannt, nicht anerkannt und zirkulär.

Tab. 55: Anzahl bzw. Anteile zu stützender Behauptungen und Stützen

Kategorie	Gruppen										ge-samt
	Schl	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5	
Behauptung>zuStützen	46	42	95	59	35	52	47	61	53	72	562
Stütze>nichtAnerkannt	9	13	48	18	9	4	7	11	2	18	142
Stütze>Anerkannt	18	13	8	29	9	26	20	20	31	8	191
Stütze>Zirkel	13	5	7	3	1	2	1	2	3	6	42
gesamt (Stützen)	40	31	63	50	19	32	28	33	36	32	376
%_gestützte Behauptungen	87	74	66	85	54	62	60	54	68	44	67
%_gestützte Behauptungen ohne Zirkel	59	62	59	80	51	58	57	51	62	36	59
%_gestützte Behauptungen über Zirkelschlüsse	28	12	7	5	3	4	2	3	6	8	8

Die Zahl der zu stützenden Behauptungen differiert mit Anzahlen zwischen 35 (LFS1) und 95 (Schl3) Sprechakten stark. Werden diese beiden Extremwerte nicht beachtet, so liegt die durchschnittliche Anzahl bei 54 zu stützenden Behauptungen. Diese Behauptungen wurden gestützt, wobei die Subkategorien anerkannt, nicht anerkannt und zirkulär

unterschieden wurden. Im Sinne der Untersuchung von genannten Stützen, ist es nicht von Bedeutung, ob diese fachlich anerkannt sind oder nicht, sodass sie in der weiteren Darstellung zusammengefasst werden. Von Bedeutung sind jedoch zirkuläre Stützen: Diese sind ein Hinweis darauf, dass das Konzept einer angemessenen Stütze - meist in Form einer Begründung realisiert - nicht vorhanden bzw. nicht präsent ist.
Hervorzuheben ist hier die Gruppe Schl1, die 87 % aller Behauptungen begründet; jedoch sind 28 % aller Begründungen Zirkelschlüsse. Alle anderen Gruppen haben weit weniger Zirkelschlüsse (2 % bis 12 %), wobei besonders die Gruppen der LFS zu nennen sind, die mit zwei, drei, drei und vier Prozent die geringsten Anteile aufweisen. Schl1 hat jedoch auch nach Abzug der Zirkelschlüsse einen Anteil von 59 % gestützten Aussagen und liegt damit im mittleren Bereich. Positiv hervorzuheben ist Schl4 mit einem Anteil von 80 % gestützter Thesen ohne Zirkelschlüsse; mit relativ hohem Abstand zum mittleren Bereich befindet sich KLS5 mit 36 % genannter Stützen.
Insgesamt liegt der Anteil an Stützen in Relation zu zu stützenden Behauptungen bei 67 % mit bzw. 59 % ohne Zirkelschlüsse. Dies bedeutet nicht, dass zu stützende Behauptungen ungestützt genannt werden und die Notwendigkeit einer Stütze nicht erkannt wird, sondern es gilt die Konversationsmaxime der Quantität nach Grice. Diese besagt, dass keine uminformativen Sprechakte getätigt werden sollen. Wird eine Behauptung gestützt und diese Stütze damit als bekannt vorausgesetzt, so wäre jede nicht notwendige weitere Nennung ein uminformativer Sprechakt.
Als Fazit kann gesagt werden, dass bei sieben von zehn Gruppen (Schl3, Schl4, LFS1, LFS2, LFS3, LFS4, KLS5) von einer angemessenen Stützung ihrer Behauptungen gesprochen werden kann. Die drei Gruppen KLS3, Schl1 und Schl2 zeigen insgesamt geringere Anzahl an Stützen bzw. weniger angemessene Stützen.

G-2.2 i) Beziehen sich die Schüler aufeinander?
ii) Welcher Art sind diese Bezüge?
iii) Verlaufen die Bezüge stringent oder wird auf vorangegangene Abschnitte Bezug genommen?
iv) Können Gesprächssequenzen erkannt werden?

Ein weiteres Kennzeichen kollaborativer Argumentationen ist ein Gespräch im Sinne von gemeinsamer Erarbeitung und Erörterung von Problemen. Eine notwendige, wenn auch nicht hinreichende Bedingung für das gemeinsame Erarbeiten ist, dass sich Schüler aufeinander beziehen: Sie beantworten gestellte Fragen, sie begründen aufgestellte Behauptungen, sie stimmen einander zu, widerlegen sich, ergänzen Aussagen etc. Die folgende Tabelle 56 zeigt die relativen Anzahlen beachteter bzw. kommentierter Sprechakte. Als unbeachtet kodiert wurden Sprechakte, die einer Reaktion bedürfen, diese jedoch nicht erhielten wie beispielsweise unbeantwortete Fragen oder nicht kommentierte Widersprüche. Nicht als unbeachtet kodiert wurden Sprechakte, die eine Reaktion erhielten,

sowie Sprechakte am Ende einer Gesprächssequenz, die diese sinnvoll abschließen, sodass keine Reaktion notwendig ist.

Tab. 56: Prozentuale Anteile beachteter Sprechakte

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_Inhalt	90,3	95,3	95,0	88,5	95,4	97,8	95,1	93,0	97,3	91,7
%_Aufgabe	88,4	94,7	82,6	85,4	89,7	90,5	81,1	66,7	88,1	85,7

Alle Gruppen befinden sich auf einem hohen Niveau der beachteten Sprechakte; im Rahmen inhaltlicher Aussagen sind besonders die Gruppen Schl2, Schl3, LFS1, LFS2 und LFS3 hervorzuheben, die mit 95 %, 97 % bzw. 98 % die höchsten Werte erreichen. Im Rahmen aufgabenspezifischer Sprechakte werden diese weniger häufig beachtet; neun Gruppen liegen hier zwischen 85 % und 95 %; lediglich Gruppe LFS4 hat mit 67 % einen relativ geringen Anteil beachteter Sprechakte. Unbeachtete Sprechakte sind in Bezug auf die Aufgabenstellung in Form von Aufforderungen („Können wir erstmal die 1 zu Ende machen, bitte?“ C106, 00:37 Teil 2) sowie in Form von Aussagen zu Formalia realisiert („Ich glaube, wir müssen jetzt unsere eigenen Meinungen hier hinter schreiben, was dafür spricht und was dagegen spricht.“ C105, 15:31).

zu ii) Welcher Art sind diese Bezüge?

Es wurde bereits dargelegt, dass sich die Schüler hauptsächlich mit inhaltlichen Themen befassen und sich dabei aufeinander beziehen; relativ wenige Sprechakte bleiben unbeachtet. Die Frage ist, in welcher Weise die Bezüge realisiert werden. Um die Art der Bezüge zu analysieren, wurde deduktiv ein Kategoriesystem entwickelt und dieses induktiv anhand des vorliegenden Materials verändert (vgl. Kodierleitfaden „ Anhang, Tab.).

Die Tabelle 57 zeigt die Kodierungen der Sprechakte sowie die entsprechend realisierte Anzahl innerhalb der Gruppen. Mit *gesamt* gekennzeichnet sind hier Kategorien, die in weitere Subkategorien gegliedert wurden (vgl. Anhang, Tab. XII).

Tab. 57: Anzahl der Sprechakte

	Gruppen										
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5	gesamt
I>Antwort	19	46	58	29	17	20	20	16	20	30	275
I>Aufforderung	9	5	12	13	2	1	1	3	3	7	56
I>Aufforderung>(Er-)Klärung	1	0	4	1	2	3	1	0	2	7	21
I>Aussage	31	52	125	33	17	39	21	29	33	57	437

	Gruppen										
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5	gesamt
i>Beharren gesamt	4	9	13	3	16	18	11	14	5	17	110
I>Behauptung	4	20	48	22	15	28	10	23	19	18	207
I>Behauptung>zuStützen	46	42	95	59	35	52	47	61	53	72	562
I>Einschränkung	2	3	8	4	0	6	0	4	0	0	27
I>Ergänzung gesamt	11	5	21	7	6	11	3	6	12	0	82
I>Frage gesamt	36	62	104	57	24	33	27	23	32	52	450
I>Reaktion	0	26	34	16	7	8	1	3	7	12	114
I>Revision gesamt	1	2	1	5	1	1	5	4	2	2	24
I>Rückfrage	6	8	6	7	1	6	4	3	4	3	48
I>Stütze>Zirkel	13	5	7	3	1	2	1	2	3	6	43
I>Stütze>anerkannt	17	13	9	28	9	31	20	22	32	9	190
I>Stütze>nichtAnerkannt	10	13	48	18	9	5	7	11	2	19	142
I>Verbesserung gesamt	0	1	14	12	2	8	5	2	1	8	53
I>Verschiedenes	45	34	73	34	16	32	20	21	21	56	352
I>Widerspruch gesamt	10	22	36	7	16	24	22	27	13	32	209
I>Zustimmung gesamt	13	35	86	31	18	61	29	32	62	21	388
I>Zweifel gesamt	3	1	7	4	3	3	3	2	0	6	32
Lernimpuls	16	25	25	17	1	6	4	10	7	7	118
gesamt	297	429	834	410	218	398	262	318	333	441	3940

Die *Gesamtzahl* geäußerter inhaltlicher Sprechakte differiert ebenso wie die von den Schülern aufgewendete Redezeit. Ordnet man die Gruppen chronologisch nach Rededauer und Sprechakten und ordnet ihnen jeweils Zahlen von 1 (höchste Rededauer; meiste Sprechakte) bis 10 (geringste Rededauer; wenigste Sprechakte) zu, so ergibt sich folgende Übersicht (Tab. 58):

Tab. 58: Vergleich von Platzierung_Rededauer und Sprechakte

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
Rededauer	10	3	1	2	9	6	8	5	4	7
Sprechakte	8	3	1	4	10	5	9	7	6	2

In zwei Fällen stimmt das Ergebnis überein; in drei Fällen weicht es um einen Punkt, in vier Fällen um zwei Punkte und in einem um fünf Punkte ab. Die Varianz ist u. a. mit dem

Redetempo sowie den unterschiedlichen Längen der Sprechakte zu begründen. Hervorzuheben ist Gruppe KLS5, die bei der Redezeit mit Platz sieben von zehn im unteren Bereich einzuordnen ist, sich jedoch anhand der Sprechakte auf Platz zwei befindet. Die Sprechakte nehmen entsprechend jeweils eine kurze Zeit ein. Dies deutet darauf hin, dass nur anhand der Sprechzeit keine Schlussfolgerung über die Anzahl der Sprechakte getätigt werden kann.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die Anzahl der Sprechhandlungen gruppenübergreifend stark schwanken: Die Anzahl der Sprechakte liegt zwischen 218 und 834. Selbst die geringste Anzahl mit 218 Sprechakten spiegelt einen Diskurs von vier Schülern wider, der vermutlich in diesem Ausmaß über ein Schüler-Lehrer-Gespräch im Stil einer Triade nicht erreicht werden kann. Eine hervorzuhebende Gruppe ist Schl3 mit 834 Sprechakten.

Häufigkeiten der einzelnen Kodierungen (gesamt)

Die Kategorien selbst werden in sehr unterschiedlicher Anzahl realisiert, von denen einige im Folgenden näher erläutert werden (vgl Tab. 57).

Mit 562 Kodierungen ist die Kategorie *Behauptung>zuStützen* am häufigsten vertreten. Beispiele für zu stützende Behauptungen sind die Wahl der Auswahlantwort sowie fachliche Schlussfolgerungen aus Lernimpulsen. Diese hohe Zahl verdeutlicht zum einen den stetigen Bezug zu Auswahlantworten, zum anderen die fachlichen Äußerungen zu bzw. Schlussfolgerungen aus Lernimpulsen; sie dient entsprechend als Hinweis, dass die Lernimpulse in ihrer Intention genutzt werden.

Insgesamt wurden 450 *Fragen* gestellt, die im weiteren Verlauf (Tab. 64, S. 259) ausdifferenziert werden. Nicht einberechnet sind Fragen rhetorischer Art, wie sie beispielsweise über den Fragepartikel „ne“ am Ende realisiert werden. Das Stellen von Fragen ist positiv zu werten, da auf diese Weise Wissen er- und Behauptungen hinterfragt werden können. Das Stellen von Fragen ist ein Zeichen für tief gehende Diskussionen.

437 Sprechakte wurden als *Aussagen* kodiert. Als Aussage gelten Sprechhandlungen, die einen Sachverhalt beschreiben, benennen oder feststellen, wobei der Sachverhalt als in der Gruppe anerkannt und nicht zu begründen angesehen wird. Weiterhin sind es Sprechhandlungen persönlicher Empfindung oder kognitiver Reflexion. Aussagen im ersteren Sinne dienen somit besonders der Erarbeitung von Sachverhalten und dem Austausch von Informationen.

Als *Zustimmung* wurden insgesamt 388 Sprechhandlungen kodiert. Der Akt der Zustimmung ist ein Zeichen für das Zuhören und Verstehen einer inhaltlichen Sprechhandlung sowie als Feststellung der gleichen Ansicht. Da eine Zustimmung eine referenzielle Handlung ist, in der sich ein Sprecher auf eine vorherige Aussage bezieht, ist die Kategorie im weiteren Verlauf (Tab. 62, S. 256) ausdifferenziert in Bezug auf die jeweiligen Kategorien, denen die zugestimmten Sprechhandlungen zugeordnet sind.

Insgesamt 375 *Stützen* werden genannt; da Behauptungen und Stützen bereits oben aufgeführt wurden, sei auf G-2.1 verwiesen.
Es wurden 209 *Widersprüche* geäußert. Widersprüche deuten auf ein Durchdenken eines Sachverhalts hin: Wissen wird nicht einfach auf- oder übernommen, sondern es wird Aussagen widersprochen und Sachverhalte unter Umständen weiter ausdiskutiert. Ähnliche Kategorien sind die der *Verbesserung* und die des *Zweifels*, die 53 Mal bzw. 32 Mal kodiert wurden. Der Unterschied zwischen Widerspruch und Verbesserung ist, dass in einer Verbesserung konstruktiv widersprochen wird, indem z. B. ein alternatives Konzept oder eine alternative Formulierung genannt werden. Der Zweifel gilt als gemäßigter Widerspruch, eher im Sinne eines Hinterfragens oder sich Vergewisserns; er impliziert, dass der Zweifelnde sich seiner Sache - anders als der Widersprechende - nicht sicher ist. Zusammen wurde 294 Mal widersprochen, verbessert oder angezweifelt. Gerade diese Sprechakte gelten als Antrieb, mögliche Konzepte zu überdenken, erneut zu erarbeiten und tiefer zu ergründen. Da sich auch diese Sprechakte auf vorherige beziehen, sind diese in Tabelle 63 (S. 256) ausdifferenziert.
207 *Behauptungen* wurden aufgestellt. Behauptungen sind zwischen zu stützenden Behauptungen und Aussagen einzuordnen und inhaltlich abzugrenzen. Behauptungen sind hier Sprechakte zu Eigenschaften von Stoffen (Lernimpuls 4) bzw. zu entstehenden Stoffen (Lernimpuls 5), zu Bewertung von Argumenten, zu Definitionen (Lernimpuls 7) und möglichen Zusammenhängen von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und dem Vorgehen in der Doppelstunde (Lernimpuls 8). Diese Sprechakte müssen nicht notwendigerweise begründet werden, da sie aus Lernimpulsen abgeleitet bzw. als allgemein anerkannt angesehen werden. Die Behauptungen sind neben den fachlich relevanten Aussagen zur Thematik eine weitere Möglichkeit der Erarbeitung sowie des Austauschs.
110 Mal beharrten Schüler auf vorher geäußerten Sprechakten; das *Beharren* gilt als mögliche Reaktion auf Widersprüche und Verbesserungen, wobei der anfangs von dem Schüler geäußerte Standpunkt beibehalten und dem Widerspruch/der Verbesserung nicht zugestimmt wird. Auch dieses Beharren gilt ebenso wie Ergänzungen als referenzieller Akt. Diese *Ergänzungen* wurden 82 Mal kodiert. Sie sind ein Zeichen für gemeinsames Erarbeiten und Konstruieren von Wissen. Ein Schüler beginnt dabei eine Aussage, die von einem weiten Schüler entweder zu Ende geführt oder um einen Aspekt erweitert wird.
Insgesamt 77 Mal forderten die Schüler einen oder mehrere andere Schüler zu etwas auf; von diesen 77 Malen forderten sie 21 Mal explizit eine Stütze (meist in Form einer Begründung) ein. *Aufforderungen* können als Zeichen der Interaktion gesehen werden, über die Schüler häufig an zu erledigende Aspekte erinnert werden oder über die ein Gespräch gelenkt wird.
27 Mal *schränkten* Schüler eine zuvor getätigte Aussage *ein*, indem sie z. B. bestimmte Bedingungen für das Eintreten einer Reaktion nannten. Im Vergleich zu den anderen

Sprechakten wurde diese Kategorie selten realisiert; dies kann als Hinweis gesehen werden, dass die Lernimpulse für die Schüler klar formuliert waren, sodass keine Bedingungen für bestimmte Aspekte formuliert werden konnten bzw. keine Bedingungen genannt zu werden brauchten.
24 Mal *revidierten* Schüler einen eigenen Sprechakt. Diese Anzahl erscheint gerade im Vergleich zu Widersprüchen, Verbesserungen und Zweifel, die sich auf Sprechakte anderer Schüler beziehen, gering. Eine mögliche Erklärung für die geringe Zahl an Revisionen ist, dass sich die Schüler ihrer Sprechakte sicher sind. Dies impliziert nicht, dass die geäußerten Sprechakte fachlich anerkannt sind; vielmehr ist es möglicherweise so, dass die eigenen Konzepte weniger kritisch hinterfragt werden als die der Mitschüler, da sie ihnen selbst logisch und plausibel erscheinen. Weiterhin ist eine mögliche Erklärung die von den Schülern in höherem Maße benötigte Denkzeit, um auf die Gegenargumente gegen ihre Position zu reagieren. Wird ihnen diese Zeit nicht gegeben, so entfällt eine mögliche Revision.

Häufigkeiten der Kodierungen in Bezug auf die einzelnen Gruppen
Entsprechend der differierenden Gesamtzahlen der Sprechakte variiert auch die Anzahl der realisierten Kodierungen innerhalb der Gruppen. Ein ausführlicher Vergleich der absoluten Zahlen der einzelnen Gruppen erscheint daher an dieser Stelle wenig sinnvoll. Daher seien im Folgenden nur einige Besonderheiten hervorgehoben:
Die Gruppen Schl3 und Schl4 nennen mit zwölf bzw. 13 Sprechakten die meisten *Aufforderungen*. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Schüler miteinander interagieren in dem Sinne, dass sie Aufgaben verteilen oder auch die Gruppenmitglieder über fehlende Aspekte aufklären („Du musst aber auch noch malen, ne?“ C132, 07:54). In den Gruppen LFS1 und LFS2 geschieht dies mit jeweils einer Aufforderung in weit geringerem Maße. Ob dies weniger geschieht, weil es nicht notwendig ist, oder weil die Schüler weniger aufeinander achten und sich entsprechend weniger Hinweise geben können, bleibt an dieser Stelle ungeklärt.
Die Gruppe KLS5 ist mit 7 Kodierungen in der Subkategorie Aufforderung>(Er-)Klärung hervorzuheben, über die auch Aufforderungen zum Nennen von Stützen kodiert werden. Dies wurde in Schl2 und LFS4 nicht einmal kodiert. Die Gruppe KLS5 ist gleichzeitig die mit der niedrigsten Prozentzahl an genannten Stützen. Anhand der Anzahl der Aufforderungen, eine Stütze zu nennen, kann gefolgert werden, dass den Schülern die Notwendigkeit stützender Aussagen bewusst ist, diese jedoch dennoch nicht häufig genannt werden. LFS4 und Schl2 äußern diesbezüglich keine Aufforderung. Dabei ist auffällig, dass Schl2 über dem Durchschnitt der stützenden Aussagen liegt, LFS2 darunter. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Schüler in Schl2 keinen Anlass zur Aufforderung sehen, da bereits genügend Stützen genannt wurden, während die Schüler der LFS2 trotz relativ weniger Stützen keine Notwendigkeit zur weiteren Stützung sehen.

Mit 125 Aussagen äußert Schl3 mit Abstand mehr dieser Sprechakte als alle anderen Gruppen. Bleibt dieser Wert als Extrem unbeachtet, so liegt der Durchschnitt bei 34,6 Aussagen pro Gruppe mit einer Spanne von 17 bis 57 Aussagen. Die Schüler in Schl3 tauschen viele Informationen aus und versuchen so, Sachverhalte zu erarbeiten. Dabei gelingt es ihnen jedoch im Vergleich zu anderen Gruppe nicht, Behauptungen aufzustellen bzw. Schlussfolgerungen aus den ausgetauschten Informationen zu ziehen.
Schl3 nennt weiterhin 21 Ergänzungen, das heißt, 21 Mal werden Gedanken weitergeführt oder Formulierungen zusammen konstruiert. Dies dient als Indiz für das gemeinsame Erarbeiten von geteilten Sachverhalten.
Um gruppenübergreifend vergleichbare Werte zu erhalten, wurden die prozentualen Anteile der Sprechakte in Bezug auf die pro Gruppe insgesamt genannte Anzahl der Sprechakte ermittelt (Tab. 59). Auch hier sollen im Folgenden Besonderheiten herausgearbeitet werden; bereits diskutierte Aspekte werden nicht erneut dargelegt.

Tab. 59: Prozentuale Anteile der Sprechakte

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_I>Antwort	6,4	10,7	7,0	7,1	7,8	5,0	7,6	5,0	6,0	6,8
%_I>Aufforderung	3,0	1,2	1,4	3,2	0,9	0,3	0,4	0,9	0,9	1,6
%_I>Aufforderung>Stütze	0,3	0,0	0,5	0,2	0,9	0,8	0,4	0,0	0,6	1,6
%_I>Aussage	10,4	12,1	15,0	8,0	7,8	9,8	8,0	9,1	9,9	12,9
%_I>Stütze>Zirkel	4,4	1,2	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4	0,6	0,9	1,4
%_I>Stütze>anerkannt	5,7	3,0	1,1	6,8	4,1	7,8	7,6	6,9	9,6	2,0
%_I>Stütze>nichtAnerkannt	3,4	3,0	5,8	4,4	4,1	1,3	2,7	3,5	0,6	4,3
%_I>Beharren gesamt	1,3	2,1	1,6	0,7	7,3	4,5	4,2	4,4	1,5	3,9
%_I>Behauptung	1,3	4,7	5,8	5,4	6,9	7,0	3,8	7,2	5,7	4,1
%_I>Behauptung>zuStützen	15,5	9,8	11,4	14,4	16,1	13,1	17,9	19,2	15,9	16,3
%_I>Einschränkung	0,7	0,7	1,0	1,0	0,0	1,5	0,0	1,3	0,0	0,0
%_I>Ergänzung gesamt	3,7	1,2	2,5	1,7	2,8	2,8	1,1	1,9	3,6	0,0
%_I>Frage gesamt	12,1	14,5	12,5	13,9	11,0	8,3	10,3	7,2	9,6	11,8
%_I>Reaktion	0,0	6,1	4,1	3,9	3,2	2,0	0,4	0,9	2,1	2,7
%_I>Revision gesamt	0,3	0,5	0,1	1,2	0,5	0,3	1,9	1,3	0,6	0,5
%_I>Rückfrage	2,0	1,9	0,7	1,7	0,5	1,5	1,5	0,9	1,2	0,7
%_I>Verbesserung gesamt	0,0	0,2	1,7	2,9	0,9	2,0	1,9	0,6	0,3	1,8
%_I>Verschiedenes	15,2	7,9	8,8	8,3	7,3	8,0	7,6	6,6	6,3	12,7
%_I>Widerspruch gesamt	3,4	5,1	4,3	1,7	7,3	6,0	8,4	8,5	3,9	7,3
%_I>Zustimmung gesamt	4,4	8,2	10,3	7,6	8,3	15,3	11,1	10,1	18,6	4,8

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_I>Zweifel gesamt	1,0	0,2	0,8	1,0	1,4	0,8	1,1	0,6	0,0	1,4
%_Lernimpuls	5,4	5,8	3,0	4,1	0,5	1,5	1,5	3,1	2,1	1,6
Legende: I=Inhalt										

Über die Tabelle wird deutlich, welchen Anteil eine Kategorie an der Gesamtzahl der Sprechakte hat. Hervorzuheben ist hier erneut die Kategorie Aussage von Schl3, die einen Anteil von 15 % aller inhaltlichen Sprechakte einnimmt. Im Gegensatz dazu steht bspw. LFS1 mit nur 7,8 %. Der bereits benannte Aspekt, dass die Schüler von Schl3 sich zwar viel austauschen und fachliche Aussagen nennen, wird hier auch am prozentualen Anteil der zu stützenden Behauptungen deutlich. Dieser beträgt bei Schl3 11,4 % und liegt somit an zweitletzter Stelle im Vergleich zu den anderen Gruppen.
In Bezug auf die Kategorie Beharren (gesamt) sind tendenziell drei Bereiche zu erkennen: Die Gruppe LFS1 zeigt mit 7,3 % den größten Anteil der Kategorie *Beharren* und repräsentiert den ersten Bereich. Das Beharren impliziert einen Konflikt, der aus einem Widerspruch oder einer Verbesserung entstanden ist, wobei jede Seite an ihrer Meinung festhält. Es deutet darauf hin, dass entweder viele Widersprüche/Verbesserungen geäußert und nicht angenommen werden oder dass ein Konflikt über längere Zeit ausgetragen wird. Der zweite Bereich liegt mit Werten zwischen 3,9 % und 4,5 %; diesem Bereich werden die Gruppen LFS2, LFS3, LFS4 und KLS5 zugeordnet. Der dritte und prozentual niedrigste Bereich liegt zwischen 0,7 % und 2,1 %. Diesem entsprechen die Gruppen Schl2, Schl3, Schl4 und KLS3. Ein Beharren ist stets eine Reaktion auf einen Widerspruch oder eine Verbesserung. Verbesserungen werden zwischen 0 % und 2,9 % geäußert, nehmen also insgesamt einen geringen Anteil ein. Widersprüche werden dagegen zwischen 1,7 % (Schl4) und 8,5 % (LFS4) geäußert. Die Tabelle 60 zeigt den prozentualen Anteil von nicht direkt angenommenen Widersprüchen/Verbesserungen; dies sind Sprechakte, auf die mit der Kategorie Beharren reagiert wurde.

Tab. 60: Prozentualer Anteil nicht (sofort) angenommener Widersprüche/Verbesserungen

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_nicht (sofort) angenommene Widersprüche/ Verbesserungen	40	39	26	16	89	56	41	48	36	43

LFS1 liegt auch hier mit 89 % im oberen Bereich, Schl3 und Schl4 im unteren mit 26 % und 16 %. In Letzteren werden Widersprüche und Verbesserungen demnach angenommen bzw. zumindest wird nicht auf dem anfänglichen Sprechakt beharrt.

In Bezug auf Fragen und Antworten sind in der primären Kodierung (vgl. Kap. 5.2.5.1.2) nur die Sprechakte als Frage/Antwort kodiert, die keiner anderen Kategorie entsprechen. Wird bspw. in einer Antwort eine zu stützende Behauptung genannt, so wurde diese aufgrund höherer Priorität in der primären Kodierung nicht als Antwort kodiert. In den sekundären Kodierungen wurden Fragen und Antworten unter syntaktischem Gesichtspunkten kodiert. Tabelle 61 zeigt die Gesamtzahl an Fragen und Antworten aus primärer und sekundärer Kodierung.

Tab. 61: Prozentualer Anteil von Fragen und Antworten

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_Fragen	12,5	15,9	13,1	14,9	11,9	9,8	11,1	8,5	9,6	11,8
%_Antworten	9,1	12,6	7,9	8,5	12,4	8,5	10,7	6,0	7,5	10,0
%_beantwortete Fragen	73,0	79,4	60,6	57,4	104	87,2	96,6	70,4	78,1	84,6

Der Anteil an gestellten Fragen variiert zwischen 8,5 % (LFS4) und 15,9 % (Schl2). Dieser relativ hohe Wert gibt den Hinweis, dass tief gehende Gespräche stattfinden, in denen Aspekte er- und hinterfragt werden. Über die Anzahl an Antworten wurde der Anteil beantworteter Fragen errechnet. Hier geht es lediglich um Gesamtzahl Fragen und Gesamtzahl Antworten; ob eine Frage von einem oder drei Schülern beantwortet wurde, bleibt unbeachtet - Letzteres würde als drei Antworten zählen. Somit ist auch der Wert von LFS1 zu erklären, die insgesamt auf 103,8 % beantwortete Fragen kommen. Insgesamt sind LFS1 und LFS3 hervorzuheben, die mit 103,8 % und 96,6 % im oberen Bereich liegen. Mit deutlichem Abstand zum mittleren Bereich (70,4 % bis 87, 2 %) liegen Schl3 und Schl4, bei denen nur 60,6 % bzw. 57,4 % der Fragen beantwortet werden.
Als Kategorie Verschiedenes wurden Aussagen kodiert, die keiner Kategorie zugeordnet werden konnten, beispielsweise weil der Satz (unergänzt) nicht zu Ende geführt wurde. Im oberen Bereich liegen hier Schl1 und KLS5 mit 15,2 % und 12,7 % der Sprechakte; im unteren Bereich liegen KLS3 und LFS4 mit 6,3 % und 6,6 %; die Ausdrucksweise erscheint bei letzteren Gruppen klarer und die beendeten Sätze waren anteilsmäßig höher.

Zwischenfazit 1 zu i) und ii)
Die erste Frage war, ob sich die Schüler aufeinander beziehen. Mit prozentualen Anteilen von 88 % bis 98 % beachteter Sprechakte kann diese Frage positiv beantwortet werden:

Die Schüler beziehen sich aufeinander, realisieren dies jedoch in unterschiedlichem Maße. Besonders positiv sind hier LFS2 und KLS3 mit 98 % und 97 % beachteter Sprechakte hervorzuheben. Noch immer adäquate, aber geringere Werte hat Schl4 mit 88 %. Eine Grenze muss bei aufgabenspezifischen Bezügen (Anhang, Tab. III) gezogen werden: Hier liegen die beachteten Sprechakte tiefer. Bei neun Gruppen liegen sie zwischen 86 % und 95 %; lediglich LFS4 mit 67 % beachtet relativ wenige aufgabenspezifische Sprechakte. Aus welchem Grund sie in beiden Bereichen unbeachtet bleiben, ist an dieser Stelle nicht zu klären. Neben der Möglichkeit, dass sie tatsächlich nicht wahrgenommen wurden, könnten sie auch ignoriert worden sein.

Die Bezüge werden auf verschiedene Arten realisiert. Das deduktiv entwickelte und induktiv angepasste Kodiersystem wurde für beide Bereiche (Inhalt und Aufgabe) entwickelt, die Daten hier zeigen jedoch nur inhaltliche Aspekte. Im Bereich Inhalt wurden z. B. die Kategorien Aufforderung, Behauptung, Frage, Revision, Stütze, Widerspruch und Zustimmung kodiert. Die Gesamtzahl der Sprechakte einer Gruppe variieren zwischen 218 und 834 Sprechakten; trotz des großen Unterschieds ist bereits die Gruppe mit 218 Sprechakten positiv zu bewerten, da sich auch hier die Schüler inhaltlich austauschen in einer Art, wie es über ein Schüler-Lehrer-Gespräch wenig wahrscheinlich ist (vgl. Wells 1999). Aus der Gegenüberstellung von Redezeiten und Anzahl getätigter Sprechakte kann gefolgert werden, dass zwischen ihnen kein direkter Zusammenhang besteht. Dies ist über Faktoren wie Sprechtempo oder Länge der Sprechakte zu begründen.

Die Anzahl der Kodierungen innerhalb der Kategorien variiert ebenfalls stark. Die am häufigsten kodierte Kategorie ist mit 562 Kodierungen die zu stützende Behauptung (*Behauptung>zuStützen)*. Dies ist ein positiv zu bewertendes Ergebnis, da es zeigt, dass die Schüler Behauptungen zu den Auswahlantworten aufstellen, Informationen aus Lernimpulsen ableiten und daraus Schlussfolgerungen ziehen. Insgesamt wurden als nächsthöhere Anzahl 450 Fragen gestellt. Fragen sind ein Kennzeichen von tief gehenden Diskussionen, über die Wissen erfragt und erarbeitet werden kann.

437 Sprechakte wurden als Aussage kodiert; auf Basis dieser Aussagen werden Wissen sowie persönliche Empfindungen und kognitive Reflexionen ausgetauscht. Aussagen im ersteren Sinne dienen somit besonders der Erarbeitung von Sachverhalten sowie dem Austausch von Informationen.

Die Kategorien Widerspruch, Verbesserung und Zweifel wurden 209, 53 und 32 Mal kodiert; sie zeigen die Bereitschaft, Sprechakte zu widerlegen bzw. zu hinterfragen und nicht ungefragt zu übernehmen. Sie gelten als Antrieb, mögliche Konzepte zu überdenken oder tiefer zu ergründen.

Der Widerspruch eines eigenen Sprechakts wurde als Revision im Sinne einer eigenen Kategorie kodiert. Diese Kodierung erfolgte 24 Mal und somit im Vergleich zu Widerspruch und Verbesserung selten. Ein Grund dafür ist, dass eine Revision nur dann kodiert wurde, wenn eine kurz zuvor getätigte Aussage eigenständig zurückgenommen wurde; es

wurde nicht kodiert, wenn über einen Lernimpuls ein Konzeptwechsel stattfand o. Ä. Weiterhin ist möglich, dass die eigenen Äußerungen weniger kritisch hinterfragt werden als jene von Mitschülern, denen häufiger widersprochen wird.
Neben der Gesamtzahl der Kodierungen wurden diese auch gruppenspezifisch ausgewertet. Um eine Vergleichbarkeit zu schaffen, wurden neben absoluten auch relative Zahlen angegeben. In der Tendenz liegen viele Gruppen in einigen Kategorien in ähnlichen Größenordnungen: So liegen alle Gruppen in der Kategorie Zweifel zwischen 0 % und 1,4 % und in der Kategorie Aufforderung zwischen 0,3 % und 3,2 %. Auch in diesen Kategorien können Extremgruppen auftreten, die nicht in den ähnlichen Größenbereich fallen. Eine im Vergleich zu genannten Kategorien weite Spanne der Werte haben bspw. die Kategorien Stütze>anerkannt, in der Werte zwischen 1,1 % und 9,6 % erreicht werden, Stütze> nichtAnerkannt mit Werten zwischen 0,6 % und 5,8 % oder Zustimmung mit 4,4 % bis 18,6 %. Insgesamt kann geschlussfolgert werden, dass es nicht genügt, die Gruppen im Ganzen auszuwerten, sondern dass im zweiten Schritt jede Gruppe individuell betrachtet werden muss, um die Unterschiede und Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten.
Ein weiteres Beispiel für eine in unterschiedlichem Maße realisierte Kategorie ist Beharren, die als mögliche Reaktion zu Widersprüchen und Verbesserungen gilt. Während Schl4 nur 0,4 % aller Sprechakte als Beharren realisiert, sind es in LFS1 7,3 %. Dabei ist die Abhängigkeit von Widerspruch und Verbesserung zu beachten: Während Schl4 nur 16 % aller genannten Widersprüche nicht (direkt) annimmt, sind es bei LFS1 89 %.
Die Gesamtzahl von Fragen und Antworten aus primärer und sekundärer Kodierung sowie deren Verhältnis ergibt ebenfalls ein differentes Bild. Während bei LFS1 und LFS3 (fast) alle Fragen beantwortet werden (103,8 % bzw. 96,6 %), sind es bei Schl3 und Schl4 nur 60,6 % bzw. 57,4 %.

Einbezug referenzieller Sprechakte in die referierte Kategorie

Die Kodierungen wurden induktiv erstellt und dabei auch Kodierungen wie Zustimmungen, Beharren, Widersprechen etc. verwendet, die auf eine vorangegangene Aussage - und damit eine vorangegangene Kategorie - referieren. Diese werden als *referenzielle Kodierungen* bezeichnet. Diese Kodierungen stehen nicht für sich, sondern beziehen sich auf einen zuvor getätigten Sprechakt. In diesem Sinne kann beispielsweise ein Sprechakt, durch den auf einer Behauptung beharrt wird, weiterhin als Behauptung verstanden werden. In dieser zweiten Weise wurden die Daten ebenfalls ausgewertet.
Tabelle 62 zeigt die Kategorien sowie die Anzahl der eigentlichen Kodierungen (roh), die eigentlichen Kodierungen ergänzt um Ergänzungen und Beharren in Bezug auf die eigentliche Kodierung (E, B) sowie eine Spalte mit Anzahl eigentlicher Kodierungen ergänzt um Ergänzungen, Beharren und Zustimmungen (E, B, Z).

Tab. 62: Anzahl Kodierungen inkl. Ergänzung, Beharren und Zustimmung

	ohne Einbezug referenzieller Sprechakte	Einbezug von Ergänzung und Beharren	Einbezug von Ergänzung, Beharren und Zustimmung
I>Antwort	275	276	288
I>Aufforderung	56	57	60
I>Aufforderung>(Er-)Klärung	21	22	22
I>Aussage	437	462	528
I>Stütze>Zirkel	43	47	51
I>Stütze>anerkannt	190	228	282
I>Stütze>nichtAnerkannt	142	160	179
I>Behauptung	207	258	325
I>Behauptung>zuStützen	562	611	721
I>Einschränkung	27	27	31
I>Frage gesamt	450	454	454
I>Revision gesamt	24	24	26
I>Verbesserung gesamt	53	53	68
I>Widerspruch gesamt	209	209	232
I>Zweifel gesamt	32	32	36

Legende: I=Inhalt

Die absoluten Zahlen zeigen, dass einige Kategorien wenig von Zustimmungen, Ergänzungen und Beharren betroffen sind. So steigt der Wert der Kategorie Antwort von 275 auf 276 bzw. 288, bei Aufforderung von 56 auf 57 bzw. 60. Auch Einschränkung, Frage, Revision und Zweifel sind nicht stark betroffen, wenn die referenziellen Kodierungen eingerechnet werden.

Immerhin von 43 auf 47 bzw. 51 steigt die Anzahl der Kategorie Stütze>Zirkel. Deutlicher ist es bei folgenden Kategorien: Bei Aussage steigt der Wert von 437 auf 462 bzw. 526, bei anerkannten Stützen von 190 auf 228 bzw. 282, bei nicht anerkannten von 142 auf 160 bzw. 179. Bei zu stützenden Behauptungen steigt die Zahl von 562 auf 611 mit Ergänzung und mit 110 Zustimmungen auf 721 Kodierungen. Verbesserungen und Widersprüche werden von den Schülern nicht ergänzt, aber es wird ihnen zugestimmt, sodass die Werte von 53 bzw. 209 auf 68 bzw. 232 steigen.

Insgesamt bleibt die über Häufigkeiten festgelegte Reihenfolge weitgehend analog zu der ohne den Einbezug von Ergänzungen und Zustimmungen. Durch die Ergänzungen verändern sich jedoch die Reihenfolge von Widerspruch, anerkannter Stütze und Behauptung. Während anfangs mehr Widersprüche (209) als Behauptungen (207) und anerkannten Stützen (190) genannt wurden, werden mit Einbezug der Ergänzungen 258 Behauptun-

gen, 228 anerkannte Stützen und 209 Widersprüche geäußert. Es kann gefolgert werden, dass gerade in der Formulierung von Widersprüchen, Verbesserungen und Zweifeln, also von Aussagen, die einem Standpunkt oder einer Stütze entgegengesetzt werden, Schüler einzeln beteiligt sind, während bei der Formulierung von Behauptungen und Stützen Schüler gemeinsam Wissen konstruieren und formulieren.

Differenzierung referenzieller Sprechakte in die jeweiligen Referenzen
Tabelle 63 zeigt die referenziellen Sprechakte (horizontal) sowie die referierten Sprechakte (vertikal).

Tab. 63: Anzahl referenzieller Sprechakte und deren Referenz

	Beharren	Ergänzung	Revision	Verbesserung	Widerspruch	Zustimmung	Zweifel
Antwort	1	0	2	4	8	12	0
Aufforderung	0	1	1	0	1	3	0
Aufforderung>(Er-)Klärung	1	0	0	0	0	0	0
Aussage	10	15	6	23	30	64	3
Stütze>anerkannt	19	19	0	1	16	54	4
Stütze>nichtAnerkannt	10	8	0	2	24	19	4
Stütze>Zirkel	2	2	1	0	2	4	0
Behauptung	25	26	2	7	27	66	5
Behauptung>zuStützen	40	9	10	11	90	110	16
Einschränkung	0	0	0	0	2	4	0
Frage	2	2	0	3	4	0	0
Widerspruch	0	0	2	0	0	23	0
Revision	0	0	0	1	0	2	0
Rückfrage	0	0	0	0	1	0	0
Verbesserung	0	0	0	0	1	15	0
Verschiedenes	0	0	0	1	2	0	0
Zweifel	0	0	0	0	1	4	0

Die Anzahl der Realisierungen variiert stark. Im Folgenden werden einige hervorgehoben sowie durch die Nennung besonderer Schülergruppen ergänzt.
Deutlich wird, dass besonders auf Behauptungen (Behauptungen (25), zu stützenden Behauptungen (40)) und Stützen (anerkannt (19), nicht anerkannt (10)) beharrt wird. Dies verdeutlicht die verschiedenen Standpunkte, die die Schüler besonders in Bezug auf zu stützende Behauptungen einnehmen. Zu stützende Behauptungen sind primär Sprechak-

te, in denen sich für Stärkungen und Schwächungen von Antworten ausgesprochen wird. Das Beharren auf Standpunkten kann ein Hinweis darauf sein, dass andere Standpunkte nicht unreflektiert übernommen, sondern eigene Standpunkte (meist begründet) vertreten werden. Von den 40 Referenzen auf zu stützende Behauptungen werden mit 8 der LFS1 und 10 der KLS5 fast die Hälfte von zwei Gruppen genannt.

Ergänzungen werden primär bei Behauptungen (26), anerkannten Stützen (19) und Aussagen (15) genannt. Eine Ergänzung impliziert den gleichen Standpunkt bzw. gleiches Wissen; dies liegt den Daten nach eher bei Aussagen, Stützen und Behauptungen als bei Kategorien vor, in denen Sprechakten ein anderer Standpunkt oder anderes Wissen entgegengesetzt wird, wie z. B. in Widersprüchen. Ergänzungen zu Aussagen werden mit acht von 15 Fällen hauptsächlich von Schl3 geäußert; weiterhin äußern sie sieben von acht Ergänzungen zu nicht anerkannten Stützen. Ergänzungen zu anerkannten Stützen werden hingegen mit fünf bzw. sechs Sprechakten zumeist von Schl1 bzw. KLS3 geäußert. Sie nehmen damit über die Hälfte der 19 Sprechakte ein. Bei Ergänzungen zu Behauptungen nehmen Schl3 (5), LFS2 (7) und KLS3 (6) den Hauptteil der 26 Sprechakte ein.

Revisionen treten mit insgesamt nur 24 Kodierungen relativ wenig auf. Zehn dieser Revisionen beziehen sich dabei auf zu stützende Behauptungen. Dies gibt den Hinweis, dass gerade Schlussfolgerungen über das Stärken und Schwächen von Auswahlantworten von Schülern bewusst zurückgenommen werden können. Dies ist ein Hinweis auf eine tiefe Auseinandersetzung mit den Informationen aus den Lernimpulsen und den entsprechenden Schlussfolgerungen. Hervorzuheben ist hier LFS4, in der vier zu stützende Behauptungen zurückgenommen werden.

Verbesserungen beziehen sich primär auf Aussagen (23); sie werden dabei bspw. in Form von Verbesserungen der Fachsprache realisiert. Schl3 (9) und Schl4 (7) äußern diesbezüglich die meisten Sprechakte. An zweiter Stelle werden zu stützende Behauptungen verbessert (11); auch hier äußern sich Schl3 (3) und Schl4 (3) am häufigsten. Entsprechend der Tendenz, zu stützende Behauptungen zu verbessern, wird diesen auch häufig widersprochen (90). Diese Widersprüche werden zumeist von KLS5 (16), LFS4 (15), LFS1 (12) und LFS2 (10) realisiert, während sich Schl1 (0) und Schl3 (2) diesbezüglich nicht bzw. kaum äußern. Mit Abstand weniger wird insgesamt Aussagen (30), Behauptungen (27) und nicht anerkannten Stützen widersprochen (24). Auch hier nimmt Schl3 mit zehn widersprochenen Aussagen und neun widersprochenen Behauptungen einen Hauptteil der jeweiligen Sprechakte ein. Mit 16 Widersprüchen zwar weniger, aber dennoch relativ häufig ist eine Widerlegung einer anerkannten Stütze.

Neben Widerspruch und Verbesserung ist der Zweifel die dritte Kategorie, durch die einem Sprechakt widersprochen bzw. ein anderer Standpunkt entgegengestellt wird. Auch hier ist die Kategorie der zu stützenden Behauptung die am häufigsten referierte (16).

Im Gegensatz zu den drei zuvor genannten Kategorien wird durch die Kategorie Zustimmung ein gleicher Standpunkt signalisiert. Auch hier ist die Kategorie der zu stützenden

Behauptungen die am häufigsten referierte (110). Dies ist u. a. damit zu erklären, dass gerade bei Behauptungen eine Stellungnahme der anderen Mitglieder erwartet wird, um eine gleiche Meinung bzw. eine Einigung zu erkennen. Hervorzuheben sind hier die Gruppen KLS3 (22), LFS2 (16), LFS4 (16) und LFS3 (13), die diesbezüglich die meisten Sprechakte äußern. Dahingegen äußern sich die Schüler von Schl3 mit elf Malen zwar im Vergleich zu anderen Gruppen nicht viel weniger, jedoch in Relation zu ihren insgesamt getätigten Sprechakten wenig. Weiterhin werden insgesamt häufig Behauptungen (66), Aussagen (64) und anerkannten Stützen (54) zugestimmt. Erstere werden häufig von Schl3 geäußert (12 bzw. 27); KLS3 stimmt ebenfalls zwölf Mal einer Behauptung zu. Anerkannten Stützen stimmt Schl3 dahingegen nur zwei Mal zu, während Schl4 (8), LFS2 (15) und KLS3 (16) sich weit häufiger äußern.
Insgesamt seltener (19) wird nicht anerkannten Stützen zugestimmt, jedoch werden diese auch seltener geäußert als anerkannte. Von den 19 werden neun von Schl3 genannt.

Differenzierung der Fragen
Inhaltliche Fragen gelten als besonderes Kennzeichen von tief gehenden Diskussionen, da über sie Konzepte erfragt, hinterfragt und ergründet werden können. Während der induktiven Kodierung waren verschiedenen Fragen zu erkennen, sodass diese Kategorie weiter ausdifferenziert wurde (Tab. 64; Anhang, Tab. XII).

Tab. 64: Anzahl der Subkategorien der Kategorie Fragen

	Gruppen										ge-
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5	samt
I>Frage>Lenkung	18	26	29	27	14	14	8	9	10	29	184
I>Frage>Nachfrage	0	3	11	2	0	3	0	1	0	4	24
I>Frage>Rhetorik	6	6	11	10	1	4	4	4	3	5	54
I>Frage>Bekanntes	4	5	1	2	1	2	0	1	1	0	17
I>Frage>Unbekanntes	2	16	46	16	5	8	9	6	13	4	125
I>Frage>Verständnis	5	5	2	0	3	2	6	2	4	7	36
I>Frage>Verschiedenes	1	1	4	0	0	0	0	0	1	3	10

Legende: I=Inhalt

Fragen zu Lenkung, Nachfragen und rhetorische Fragen (im hier verwendeten weiteren Sinne) sind Fragen, die zwar für das Weiterkommen des Gesprächs wichtig sind und inhaltliche Aspekte thematisieren, die jedoch keine Erarbeitung implizieren. Über lenkende Fragen wird versucht, dem Gespräch Struktur zu geben; unter die Kategorien Nachfragen und rhetorische Fragen fallen Rückversicherungen, akustisch bedingte Nachfragen, rhetorische Fragen etc. Unter die Kategorie Frage>Bekanntes fallen Fragen wie „Ok, was war

die C?“ (C105, 31:41), also Fragen, deren Antwort dem Sprecher theoretisch bekannt sein müsste. Die Gruppen LFS1, LFS2, LFS3, LFS4 und KLS3 liegen in Bezug auf lenkende Fragen sowie in der Kategorie Frage>Rhetorik unter dem Durchschnitt, die Schl-Gruppen sowie KLS5 liegen über diesem. Nachfragen werden von allen Gruppen außer Schl3 (11) in geringem Maße gestellt. Fragen zu Bekanntem und Verschiedenem werden nur in geringem Maße getätigt.

Die Fragen, die im Sinne einer Erarbeitung wichtig sind, sind jene der Kategorien Frage> Unbekanntes sowie Frage>Verständnis. Der Unterschied zwischen den beiden Kategorien ist, dass in Frage>Unbekanntes der Schüler eine Frage zu einem Aspekt, der vorher nicht genannt wurde, stellt. In die Kategorie Frage>Verständnis fallen Verstehensfragen zu von einem anderen Schüler zuvor genannten Aspekten. Entsprechend dezimiert sich für diesen Blickwinkel die Zahl der relevanten Fragen im Vergleich zu allen gestellten. Die Realisierung der Kategorie Fragen>Unbekanntes variiert in ihrer Anzahl stark. Die Gruppen der LFS, Schl1 und KLS5 liegen mit Werten zwischen 2 und 9 unter dem Durchschnitt. Leicht über diesem liegen Schl2, Schl4 und KLS3 mit zwei Mal 16 und ein Mal 13 Fragen. Weit über dem Durchschnitt liegt Schl3 mit 46 Fragen. Betrachtet man die Kategorie Frage>Verständnis, ist die Verteilung anders: Während Schl3, Schl4, LFS2, LFS3, LFS4 und KLS3 mit null bis drei Fragen unter dem Durchschnitt liegen, sind Schl1 (5), Schl2 (5), LFS3 (6), KLS3 (4) und KLS5 (7) darüber. Besonders auffällig ist hier der hohe Unterschied der Werte bei Schl3 und Schl4.

Zwischenfazit 2 zu ii)

In der Beschreibung von Sprechakten wurden referenzielle Sprechakte kodiert. Damit deutlich wird, auf welche Sprechakte sich diese beziehen, wurden die jeweiligen Bezüge als Subkategorie eingefügt. Werden die Subkategorien Beharren und Ergänzen sowie zusätzlich Zustimmen zu den eigentlichen Kategorien, auf die sie referieren, gezählt, so steigt deren Anzahl in unterschiedlichem Maße. Besonders beziehen sich diese referenziellen Kategorien auf die Kategorien Aussage, (zu stützende) Behauptung und Stütze. Gerade das Beharren auf zu stützenden Behauptungen kann einen Hinweis liefern, dass Konzepte nicht unreflektiert übernommen werden, sondern dass Schüler zumindest bis zu einem bestimmten Punkt auf ihren Standpunkten beharren. Ergänzungen werden primär zu Sprechakten der Kategorien Aussage, Behauptung und anerkannte Stütze und weit weniger zu Widersprüchen, Verbesserungen und Zweifeln getätigt. Eine mögliche Schlussfolgerung ist, dass gerade das Widersprechen, Verbessern und Zweifeln eher von einzelnen Schülern ausgeht, während das Konstruieren und Formulieren von Wissen und Konzepten eine gemeinsame Arbeit mehrerer Schüler sein kann. Die hauptsächliche Anzahl der Ergänzungen werden von drei Gruppen (Schl3, KLS3, LFS2) getätigt; eine mögliche Erklärung für diese unterschiedlichen Werte liegt in der Zusammensetzung der Schüler in Bezug auf persönliche, aber auch auf fachliche Aspekte. So ist es möglich, dass gera-

de Schüler mit ähnlichen Konzepten sich eher ergänzen als Schüler, deren Konzepte sich widersprechen. Weiterhin ergänzen vermutlich eher Schüler einander, die miteinander kollaborieren, als Schüler, die gegeneinander argumentieren. Entsprechend kann die Anzahl der Ergänzungen ein Hinweis auf kollaborative Aspekte der Gruppenarbeit sein.
Die Sprechakte der Kategorie Behauptung>zuStützen werden am häufigsten verbessert oder angezweifelt und am zweithäufigsten widerlegt. Diese Daten entsprechen den genannten Erkenntnissen zu der Kategorie Beharren; dies war zu erwarten, da die Kategorie Beharren nur in Zusammenhang mit einem Zweifel an einer bzw. dem Nennen eines alternativen Standpunkts möglich ist. Die Kategorie wird von den Gruppen unterschiedlich realisiert: Während LFS1, LFS2, LFS3 und KLS5 die meisten Widersprüche nennen, äußern sich Schl1 und Schl3 diesbezüglich gar nicht bzw. nur wenig. Hervorzuheben ist dies bei Gruppe Schl3, da sie Behauptungen und Aussagen im Vergleich zu den anderen Gruppen am häufigsten widersprechen. Weiterhin bildet Schl3 eine Besonderheit bei den Zustimmungen der zu stützenden Behauptungen. Während die LFS-Gruppen sowie KLS3 häufig einer zu stützenden Behauptung zustimmen (13 bis 22), tätigen die Schüler von Schl3 dies in geringerem Maße (11); die Zahl ist zwar nicht viel geringer als die von LFS3, jedoch ist sie in Relation zu den von Schl3 insgesamt geäußerten Sprechakten sehr gering. Eine mögliche Erklärung für hohe/geringe Zustimmungen sind zum einen wenige Standpunkte, die die Schüler teilen, zum anderen auch fehlende Kommunikation im Sinne eines Aufeinander-Beziehens. Gerade bei Schl3 ist zumindest die erste Erklärung wahrscheinlich, da die Schüler häufig ihre Standpunkte wechseln und dabei unstrukturiert und sprunghaft arbeiten. In diesem Zusammenhang zeugen die geringen Zustimmungen von fehlenden gemeinsamen Erarbeitungen.
Im Zuge der induktiven Kodierung fielen inhaltlich unterschiedliche Arten der Fragen auf. Daher wurde bei der Erstellung des Kodierleitfadens unterschieden in lenkende, nachfragende, rhetorische, nach Bekanntem fragende, nach Unbekanntem fragende sowie Verstehensfragen und Fragen zu Verschiedenem. (Letztere sind Fragen, die keiner anderen Kategorie zugeordnet werden konnten.) Lediglich Fragen zu Unbekanntem sowie Verstehensfragen sind Fragen, die die Schüler zu inhaltlichen Aspekten stellen und die im Sinne einer Erarbeitung von neuem Wissen wichtig sind. Die anderen Frage-Kategorien dienen der Strukturierung, der Wiederholung, dem Vergewissern etc. und spielen dabei im inhaltlichen Erarbeiten eine weitaus geringere Rolle. Lenkende Fragen können als Zeichen der Strukturiertheit eines Gesprächs gelten. Während die Schl-Gruppen sowie KLS5 viele lenkende Fragen stellen und somit Hinweise auf ein wenig strukturiertes Gespräch bieten, welches strukturierende Elemente benötigt, um voranzuschreiten, äußern die LFS-Gruppen sowie KLS3 wenige lenkende Fragen. Auch bei rhetorischen Fragen liegen die Schl-Gruppen zahlenmäßig vor den anderen. Die Fragen der Kategorie Unbekanntes werden überdurchschnittlich häufig von Schülern von Schl2, Schl3, Schl4 und KLS3 gestellt, wobei Schl3 mit einem weit über dem Durchschnitt (12,4) liegenden Wert heraussticht

(46); Verstehensfragen äußern die Schüler von Schl3 jedoch nur zwei. Hier liegen die Schüler aus Schl1, Schl2, LFS3, KLS3 und KLS5 über dem Durchschnitt. Ob die geringe Zahl an Verstehensfragen daran liegt, dass die Schüler alle Aussagen verstehen, oder daran, dass sie die Aussage eines Mitschülers nicht auf Verstehen überprüfen - oder dieses tun, aber dennoch nicht nachfragen - , bleibt an dieser Stelle unklar. Als Fazit kann festgehalten werden, dass der Fokus der Fragen häufig unterschiedlich ist und es je nach Blickwinkel der Analyse nicht genügt, alle Fragen in einer Kategorie zu kodieren.

zu iii) Verlaufen die Bezüge stringent oder wird auf vorangegangene Abschnitte Bezug genommen?

Übergreifende Bezüge zeichnen sich dadurch aus, dass ein oder mehrere Sprechakte auf vorangegangene Abschnitte referieren. Die Bezüge werden eingeteilt in Propositionen - dem Abschnitt, der auf einen vorangegangenen referiert - und der Referenz - den vorangegangenen Abschnitt, auf den die Schüler sich beziehen. Diese übergreifenden Bezüge können auf zwei Arten gedeutet werden: Zum einen können sie ein Indiz für Verknüpfungen und eine komplexe Gesprächsführung sein, in der neue Aspekte mit bereits besprochenen verbunden werden. Zum anderen können sie aber auch ein Indiz dafür sein, dass ein Gespräch unstrukturiert verläuft; dieses geschieht dann, wenn nicht das Verknüpfen von Wissen im Vordergrund steht (Variante 1), sondern Aspekte nicht zu Ende diskutiert wurden und somit zu einem späteren Zeitpunkt erneut thematisiert werden müssen (Variante 2). Des Weiteren gibt es Bezüge, die aufgrund eines kurzen Fehlens eines Schülers (Toilettengang) entstehen, sowie solche, bei denen die Schüler anfangs ihre Vorstellungen besprechen und erst anschließend für den Argumentationsbogen notieren. Diese Bezüge werden unter Organisation gefasst und sind in Bezug auf Struktur bzw. Komplexität irrelevant (Variante 3). Tabelle 65 zeigt die Häufigkeiten der Kodierungen.

Tab. 65: Anzahl übergreifender Bezüge

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
Variante 1			1							
Variante 2	8	5	8	1	1	1	2	1	1	4
Variante 3	2	2	2							
gesamt_Bezüge	10	6	11	1	1	1	2	1	1	4

Deutlich wird hier, dass besonders in den Gruppen Schl1, Schl2, Schl3 und KLS5 Struktur fehlt und die Schüler daher häufig zwischen einzelnen Lernimpulsen und Themen springen. Die Bezüge stellen hier entsprechend kein Zeichen für ein komplexes, vernetztes Gespräch dar. In den Gruppen Schl1, Schl2 und Schl3 kommen noch jeweils zwei organisato-

risch bedingte Bezüge hinzu. Diese Variante 2 bietet kein Zeichen für oder gegen ein vernetztes Gespräch. Einen Bezug der Variante 1, in der Wissen verknüpft wird, gelingt lediglich Schüler C113 der Gruppe Schl3: Er verknüpft Überlegungen aus den Lernimpulsen 2 und 3 und formuliert so ein Argument, das seiner eigenen Antwort B widerspricht. Diese Variante gilt als Indiz für ein vernetztes Gespräch.

zu iv) Können Gesprächssequenzen erkannt werden?

Eine reine Betrachtung der Sprechakte liefert zwar einen Eindruck über deren Häufigkeit, sagt jedoch wenig darüber aus, in welchem Zusammenhang diese Sprechakte zueinander stehen. Daher wurden sie zu inhaltlich definierten Gesprächssequenzen zusammengefasst; diese wurden je nach Schwerpunkt als inhaltliche oder aufgabenspezifische Sequenz kodiert. Eine Gesprächssequenz ist ein inhaltlich zusammenhängender Abschnitt eines Gesprächs (vgl. Anhang, Tab. XIV). Tabelle 66 zeigt die Anzahl der Gesprächssequenzen pro Gruppe differenziert nach Inhalt und Aufgabe.

Tab. 66: Anzahl inhaltlicher und aufgabenspezifischer Gesprächssequenzen

	Gruppen										
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5	gesamt
Aufgabe	15	18	24	23	7	10	7	3	11	9	123
Inhalt	48	38	87	37	25	41	37	38	56	71	476
gesamt	63	56	111	60	32	51	44	41	67	80	599

Vergleicht man die Gesprächssequenzen in Bezug auf die Gesamtzahl sowie auf Aufgabe und Inhalt, so zeigen sich deutlich unterschiedliche Werte zwischen den Gruppen. Die Gesamtzahl reicht von 32 Gesprächssequenzen bis zu 111, die inhaltlichen von 25 bis 87. Mit Werten zwischen drei und elf aufgabenspezifischen Gesprächssequenzen liegen die Gruppen der LFS und der KLS unter dem Durchschnitt, während alle Schl-Gruppen darüber liegen (15 bis 23). In Bezug auf inhaltliche Gesprächssequenzen liegt die Gruppe Schl1 direkt auf dem Durchschnittswert, die Gruppen Schl2, Schl4, LFS1, LFS2, LFS3 und LFS4 darunter sowie Schl3, KLS3 und KLS5 darüber. Hohe bzw. niedrige Anzahlen von Gesprächssequenzen haben verschiedene Ursachen: So können beispielsweise - wie bei Schl1 und Schl3 - häufige Themenwechsel und späteres erneutes Aufgreifen zu einer hohen Anzahl führen; weiterhin ist bei Schl3 die hohe Gesprächsdauer ein Faktor. Verläuft ein Gespräch wie in LFS1 strukturiert und geradlinig, also ohne viele Rückbezüge, so werden tendenziell weniger Gesprächssequenzen benötigt. Entsprechend kann die Anzahl der Gesprächssequenzen - zumindest in ihren Extrema - einen Hinweis auf Struktur und Geradlinigkeit eines Gesprächs bieten.

Im Ganzen sind etwa 1/5 aller Abschnitte aufgabenspezifischer Natur; diese Steigerung ist damit zu erklären, dass diese Gesprächssequenzen nur sehr wenige Sprechakte umfassen, während inhaltliche Aspekte ausführlicher diskutiert werden. Der relativ hohe Anteil von ca. 20 % wird damit relativiert, dass Aspekte schnell geklärt und Aussagen nicht ausführlich diskutiert werden müssen. Somit kann auch hier geschlussfolgert werden, dass die Aufgabe von den Schülern nicht langwierig diskutiert zu werden braucht und entsprechend angemessen gestellt und erklärt wurde. Die kürzeren Gesprächssequenzen zeigt auch Tabelle 67, in der die absolute und durchschnittliche Anzahl an Sprechakten innerhalb aufgabenspezifischer bzw. inhaltlicher Gesprächssequenzen dargestellt sind.

Tab. 67: Anzahl Sprechakte innerhalb von Gesprächssequenzen

Anzahl an Sprechakten innerhalb von Gesprächssequenzen											
	Gruppen										
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5	gesamt
Aufgabe	69	133	86	123	39	42	37	12	42	42	625
Inhalt	298	447	854	434	219	414	267	313	336	434	4016
gesamt	367	580	940	557	258	456	304	325	378	476	4641
Durchschnittliche Anzahl an Sprechakten pro Gesprächssequenz											
Aufgabe	4,6	7,4	3,6	5,3	5,6	4,2	5,3	4,0	3,8	4,7	5,1
Inhalt	6,2	11,8	9,8	11,7	8,8	10,1	7,2	8,2	6,0	6,1	8,4

Die Gesamtzahl an Sprechakten entspricht nicht denen inhaltlicher oder aufgabenspezifischer Sprechakte, da innerhalb einer als inhaltlich kodierten Gesprächssequenz einzelne aufgabenspezifische Sprechakte enthalten sein können; Gleiches gilt entsprechend für aufgabenspezifische Gesprächsakte. Die starken Differenzen der Sprechakte zeigt sich auch hier. Die durchschnittliche Anzahl der Sprechakte unterscheidet sich zwischen Aufgabe und Inhalt: Während die durchschnittliche Länge aufgabenspezifischer Gesprächssequenzen bei 5,1 liegt, liegt die der inhaltlichen bei 8,4. Schl1, LFS3, LFS4, KLS3 und KLS5 liegen dabei unter dem Durchschnitt, Schl2, Schl3, Schl4, LFS1 und LFS2 darüber, wobei Schl2 mit 11,8 und Schl4 mit 11,7 Sprechakten pro inhaltlicher Gesprächssequenz hervorgehoben werden können. Dagegen liegen KLS3, KLS5 und Schl1 mit 6,0, 6,1 und 6,2 Sprechakten am weitesten unter dem Durchschnitt.

G-2.3 i) Gibt es erkennbare Gesprächsmuster?
ii) Treten diese Gesprächsmuster in allen Gruppen auf?
iii) Treten die Gesprächsmuster bei unterschiedlichen Lernimpulsen in unterschiedlicher Häufigkeit auf?

Die Gesprächssequenzen beschreiben inhaltliche Abschnitte innerhalb eines Gesprächs, ohne diese näher zu charakterisieren. Eine Charakterisierung erfolgt durch eine weitere Klassifizierung der Gesprächssequenzen in Gesprächsmuster, die einen Gesprächsabschnitt in seiner *Funktion* beschreiben. Über eine induktive Kodierung wurden die folgenden Gesprächsmuster gefunden:

- Austausch
- (Er-)Klärung
- Erarbeitung
- Konflikt
- Ko-Konstruktion und
- Monolog

Dabei wird für jede Kategorie unterschieden, ob es um inhaltliche, aufgabenspezifische - und hier neu eingeführt - bewertende Aspekte geht. Die bewertenden Aspekte fielen bislang in die Kategorie Inhalt. Werden Vergleiche zu bisherigen Ergebnissen gezogen, werden die beiden letzteren Kategorien wieder zusammen betrachtet.
Die gefundenen Gesprächsmuster wurden als erfolgreich oder nicht erfolgreich realisiert und entsprechend als Subkategorie unterschieden (erfolgreich = keine Kennzeichnung; nicht erfolgreich = >nE).
Somit summieren sich die gefundenen Gesprächsmuster zu den in Tabelle 68 aufgeführten. Theoretisch mögliche, aber nicht realisierte Gesprächsmuster werden nicht aufgeführt. Ein ausführlicher Kodierleitfaden findet sich im Anhang, Tabelle XV.

zu ii) Treten diese Gesprächsmuster in allen Gruppen auf?

Tabelle 68 zeigt die gefundenen Gesprächsmuster sowie die jeweiligen Anzahlen für die Gruppen, Tabelle 69 die prozentualen Anteile, die die Gesprächsmuster im Vergleich zu allen in der Gruppe geäußerten Gesprächsmustern einnehmen.

Tab. 68: Anzahl Gesprächsmuster

	Gruppen										ge-
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5	samt
A>Austausch	5	6	5	4	1	3	1	0	1	1	27
A>Austausch>nE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A>(Er-)Klärung	5	9	15	12	3	6	5	1	6	4	66
A>(Er-)Klärung>nE	0	0	0	1	2	1	0	0	0	1	5

	Gruppen										ge-samt
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5	
A>Erarbeitung	2	5	2	7	1	1	0	1	3	2	24
A>Erarbeitung>nE	1	4	0	3	0	1	1	0	0	2	12
A>Konflikt	2	0	1	1	2	1	1	0	0	1	9
A>Konflikt>nE	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	4
A>Monolog	8	3	14	9	0	3	7	5	3	6	58
A>Monolog>Bestätigt	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
gesamt_A	24	27	38	38	11	16	15	7	14	17	207
B>Erarbeitung	1	0	3	3	0	2	1	1	1	3	15
B>Erarbeitung>nE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
B>(Er-)Klärung	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3
B>Konflikt>nE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
B>Monolog	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
B>Monolog>Bestätigt	0	2	0	0	0	0	1	0	3	0	6
gesamt_B	1	3	3	3	2	4	3	1	5	3	28
I>Austausch	11	9	15	13	11	5	6	7	7	15	99
I>Austausch>nE	2	0	0	2	0	0	1	1	1	1	8
I>(Er-)Klärung	7	13	12	6	7	10	8	6	14	16	99
I>(Er-)Klärung>nE	0	5	7	0	0	0	3	3	3	5	26
I>Erarbeitung	10	9	33	11	5	20	15	11	10	13	137
I>Erarbeitung>nE	8	6	16	5	0	0	2	4	0	5	46
I>Ko-Konstruktion	6	3	4	6	0	2	0	0	6	1	28
I>Ko-Konstruktion>nE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
I>Konflikt	0	5	4	1	1	1	1	3	2	4	22
I>Konflikt>nE	4	1	3	3	6	6	4	6	2	13	48
I>Monolog	27	15	28	29	13	4	5	16	14	32	183
I>Monolog>Bestätigt	1	1	4	1	1	1	1	1	12	0	23
gesamt_I	76	67	127	77	44	49	46	58	71	105	720

Legende: A=Aufgabe; B=Bewertung; I=Inhalt

Tab. 69: Prozentuale Anteile der Gesprächsmuster

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_A>Austausch	5	6	3	3	2	4	2	0	1	1
%_A>Austausch>nE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%_A>(Er-)Klärung	5	9	9	10	5	9	8	2	7	3
%_A>(Er-)Klärung>nE	0	0	0	1	4	1	0	0	0	1
%_A>Erarbeitung	2	5	1	6	2	1	0	2	3	2
%_A>Erarbeitung>nE	1	4	0	3	0	1	2	0	0	2
%_A>Konflikt	2	0	1	1	4	1	2	0	0	1
%_A>Konflikt>nE	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0
%_A>Monolog	8	3	8	8	0	4	11	8	3	5
%_A>Monolog>Bestätigt	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
%_B>Erarbeitung	1	0	2	3	0	3	2	2	1	2
%_B>Erarbeitung>nE	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
%_B>(Er-)Klärung	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0
%_B>Konflikt>nE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
%_B>Monolog	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
%_B>Monolog>Bestätigt	0	2	0	0	0	0	2	0	3	0
%_I>Austausch	11	9	9	11	19	7	9	11	8	12
%_I>Austausch>nE	2	0	0	2	0	0	2	2	1	1
%_I>(Er-)Klärung	7	13	7	5	12	14	13	9	16	13
%_I>(Er-)Klärung>nE	0	5	4	0	0	0	5	5	3	4
%_I>Erarbeitung	10	9	20	9	9	29	23	17	11	10
%_I>Erarbeitung>nE	8	6	10	4	0	0	3	6	0	4
%_I>Ko-Konstruktion	6	3	2	5	0	3	0	0	7	1
%_I>Ko-Konstruktion>nE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
%_I>Konflikt	0	5	2	1	2	1	2	5	2	3
%_I>Konflikt>nE	4	1	2	3	11	9	6	9	2	10
%_I>Monolog	27	15	17	25	23	6	8	24	16	26
%_I>Monolog>Bestätigt	1	1	2	1	2	1	2	2	13	0
%_gesamt_I	75	69	76	65	77	71	72	88	79	84

Legende: A=Aufgabe; B=Bewertung; I=Inhalt

Wie auch bei Sprechakten und Gesprächssequenzen unterscheidet sich die Anzahl der Gesprächsmuster sowohl gruppenübergreifend als auch in Bezug auf Aufgabe, Inhalt und Bewertung: Insgesamt werden mit 720 Gesprächsmustern die meisten in der Kategorie Inhaltliches deutlich, 207 werden für aufgabenspezifische Aspekte verwendet, 28 für bewertende. An dieser Stelle kann schon die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Schüler weit weniger Augenmerk auf die Bewertung der Stärke eines Arguments legen.
Insgesamt - also Aufgabe, Bewertung und Inhalt umfassend - sind mit 242 die meisten erkennbaren Gesprächsmuster *Monologe*. Diese Zahl ist dahingehend zu relativeren, dass innerhalb der anderen Gesprächsmuster mehrere Sprechakte enthalten sind; somit ist die Mehrheit der Sprechakte in Gesprächsmuster eingebunden, die *keine* Monologe sind. Die Kategorie Monolog>Bestätigt beschreibt Gesprächsmuster, in denen sich ein Schüler monologisch äußert und dessen Äußerung anschließend von einem oder mehreren Schülern lediglich bejaht werden, ohne weitere inhaltliche Aspekte hinzuzufügen. Diese Kategorie wurde 30 Mal realisiert.
Als zweithöchste Kategorie kommt die erfolgreiche *Erarbeitung* mit einer Anzahl von 176. Eine Erarbeitung zeichnet sich dadurch aus, dass ein Problem bzw. ein Sachverhalt zusammen konstruktiv thematisiert wird, wobei die Schüler nicht gegenteiliger Meinung sind. Diese hohe Zahl an Erarbeitungen deutet auf eine kollaborative Form des Gesprächs hin, bei dem es darum geht, Thesen zu überprüfen und Wissen zu erarbeiten, und nicht um die gegenseitige Überzeugung von einem Standpunkt. Die nächsthöhere Kategorie ist mit 168 Kodierungen die *(Er-)Klärung*. Der Begriff (Er-)Klärung ist bewusst gewählt, da sowohl Erklärungen als auch Klärungsprozesse gemeint sind. Die Basis ist ein Wissensgefälle zwischen den Schülern; realisiert wird es beispielsweise über eine Frage und eine entsprechende Antwort. Auch diese Form des Gesprächs dient der Erarbeitung bzw. Weitergabe von Wissen und ist Form eines kollaborativen Gesprächs. Mit 126 Kodierungen folgt die Kategorie *Austausch*. Dieses Gesprächsmuster beschreibt primär die Sammlung von Konzepten oder Ideen, aber auch die Rückversicherung von Formulierungen etc. Der Austausch dient nicht der direkten Wissenserarbeitung, sondern eher einer vorausgehenden Sammlung von Konzepten und Vermutungen; aus diesen gesammelten Konzepten werden dann beispielsweise über eine Erarbeitungsphase Schlussfolgerungen abgeleitet und so Wissen konstruiert. Die Austauschphase ist entsprechend eine unverzichtbare Phase - gerade wenn das Wissensgefälle innerhalb einer Gruppe sehr groß ist. Auf diese Weise wird eine gemeinsame Basis geschaffen für den möglicherweise folgenden Erarbeitungsprozess.
Mit 59 Kodierungen folgt die erste nicht erfolgreiche Kategorie: *Erarbeitung>nE*. Als nicht erfolgreich wurde eine Erarbeitung kodiert, wenn das Gespräch vor Erreichen einer Lösung endet; das Ende kann beispielsweise gesetzt werden durch eine Unwissenheitsbekundung, ohne dass die Gruppenmitglieder sich weiter beteiligen, eine Gleichgültigkeitsbekundung oder den Vorschlag, die Aufgabe zu überspringen.

Die nächste Kategorie ist ebenfalls nicht erfolgreich, nämlich *Konflikt>nE*. Die Besonderheit hier ist, dass die Kategorie des Konflikts häufiger nicht erfolgreich (48) als erfolgreich (22) realisiert wird. Ein Konflikt liegt vor, wenn verschiedene Standpunkte vertreten werden; der Begriff ist hier nicht negativ konnotiert, sondern im Sinne konfligierender Meinungen. Ein Konflikt kann entsprechend auch im Sinne eines soziokognitiven Konflikts ein Ausgangspunkt für eine Konzeptentwicklung und somit für den Lernprozess hilfreich sein. Aufgrund der Tatsache, dass die meisten Konflikte nicht gelöst werden, sondern ohne geschlossenen Konsens enden, besteht die Vermutung, dass soziokognitive Konflikte in diesem Sinne und dem vorliegenden Kontext nicht unbedingt geeignet sind, Konzeptentwicklungen anzuregen, oder, positiv formuliert, dass es trotz soziokognitiven Konflikts für die Schüler schwierig ist, ihre Vorstellungen zu verändern. Für Letzteres spricht, dass zumindest in 36 Fällen ein Konflikt gelöst werden konnte.
*Nicht erfolgreiche (Er-)Klärunge*n wurden 31 Mal kodiert. Nicht erfolgreich sind (Er-)Klärungen beispielsweise, wenn zwar formal eine Antwort auf eine Frage gegeben, mit dieser jedoch die Frage nicht inhaltlich geklärt wird, oder wenn ein Klärungsprozess durch eine Gleichgültigkeitsbekundung („Egal, mach einfach“ C106, 19:33) beendet wird. Im Vergleich zu 168 erfolgreichen (Er-)Klärungen nehmen die nicht erfolgreichen einen relativ geringen Anteil ein.
Als *Ko-Konstruktion* wurden Gesprächsmuster kodiert, in denen bekanntes Wissen von Schülern gemeinsam formuliert und so in Begriffe gefasst wird. Es zeichnet sich durch viele Sprecherwechsel und häufig auch durch Ergänzungen aus. Insgesamt wurde es 28 Mal erfolgreich und nur ein Mal nicht erfolgreich realisiert. Vor nicht erfolgreichen Ko-Konstruktionen ist der nicht erfolgreiche Austausch mit neun Realisierungen die Kategorie mit den zweitwenigsten Kodierungen. Als nicht erfolgreich gilt ein Austausch, bei dem der Austauschprozess durch einen Schüler unterbrochen wird und so ein neues Gesprächsmuster einsetzt. Dieses geschieht im Vergleich zu 126 erfolgreichen Austauschprozessen in geringem Maße.
Die Realisierungen der Kategorien innerhalb der Gruppen ist sehr unterschiedlich, wobei über die beschriebene Gesamtzahl der Kodierungen entsprechende Tendenzen deutlich werden. Im Folgenden werden nur die Extrema herausgegriffen und sowohl in absoluten als auch relativen Zahlen beschrieben. Für alle weiteren Daten sei auf Tabellen 68 und 69 (S. 264; 266) verwiesen.

Gesprächsmuster zur Kategorie Aufgabe
Von den 27 Kodierungen der Kategorie *Austausch* werden 20 von den vier Schl-Gruppen realisiert (Schl1: 5, Schl2: 6, Schl3: 5, Schl4: 4); entsprechend fallen nur sieben Kodierungen auf die restlichen sechs Gruppen. LFS4 hat hier mit keiner Kodierung den geringsten Wert. Aufgrund gleicher Einführung der Aufgabe durch die Autorin ist anhand der Daten zu vermuten, dass die Schl-Gruppen größere Probleme in der Umsetzung der Aufgabe ha-

ben bzw. sich häufiger rückversichern. Zumindest für die Gruppen Schl3 und Schl4 lassen sich die absoluten Zahlen relativieren: Nur drei Prozent aller Gespräche werden der Kategorie zugeordnet. Bei Schl1 und Schl2 sind es immerhin noch fünf bzw. sechs Prozent.
Auch bei der Kategorie *(Er-)Klärung* haben die Gruppen Schl2 (9), Schl3 (15) und Schl4(12) die höchsten absoluten Werte: Insgesamt wurde diese Kategorie 66 Mal kodiert, sodass auch die anderen Gruppen zwischen drei und sechs Kodierungen aufweisen; LFS4 mit nur einer Kodierung ist hier hervorzuheben. Auch in Bezug auf die relativen Werte sind Schl2 und Schl4, ergänzt von LFS3, mit neun Prozent ihrer Gesprächsmuster die Gruppen mit den höchsten Werten bei den erfolgreichen (Er-)Klärung. LFS4 (2) und KLS5 (3) sind die Gruppen mit der geringsten prozentualen Anzahl an erfolgreichen (Er-)Klärungen. In Hinblick auf nicht erfolgreiche (Er-)Klärungen, die insgesamt nur fünf Mal kodiert wurden, ist die Gruppe LFS1 hervorzuheben, die mit zwei Kodierungen (4 %) den höchsten Anteil hat.
Die *Erarbeitung* wurde mit Werten zwischen null (LFS3) und sieben (Schl4) Malen kodiert; mit insgesamt 24 Kodierungen ist es ebenfalls eine im mittleren Maße realisierte Kategorie. Bei vier Gruppen waren die Erarbeitungen stets erfolgreich: Schl3, LFS2, LFS4 und KLS3. Schl2 (4) und Schl4 (3) haben dabei die höchsten Werte. Nicht erfolgreiche Erarbeitungen gab es in sechs von zehn Gruppen, wobei Schl3, LFS1, LFS4 und KLS3 die vier Gruppen ohne nicht erfolgreiche Erarbeitung sind. Schl2 und Schl4 mit vier bzw. drei Prozent sind die Gruppen mit den höchsten Werten. Gerade der fehlende erfolgreiche Abschluss dieser Gespräche kann als Indiz gesehen werden, dass es Verstehensschwierigkeiten in Bezug auf die Aufgabenstellung als Ganzes sowie auf einzelne Lernimpulse gibt. Während sieben Gruppen keine nicht erfolgreichen Konflikte aufweisen, hat die LFS2 zwei. Diese Zahl ist noch immer gering, jedoch im Vergleich zu den anderen Gruppen hervorzuheben.
Mit insgesamt 58 *Monologen* wird diese Kategorie vergleichsweise häufig kodiert. Dabei haben die Gruppen Schl3 (14) und Schl4 (9) die höchsten Werte, LFS1 mit keiner Kodierung den niedrigsten. In relativen Zahlen betrachtet ist LFS3 hervorzuheben, bei der elf Prozent aller Gesprächsmuster als Monolog realisiert werden. Aus welchem Grund auf diese Monologe nicht eingegangen wird, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

Gesprächsmuster zur Kategorie Bewertung

Innerhalb der Kategorie *Bewertung* werden insgesamt nur 28 Kodierungen realisiert und die Verteilung ist relativ gleichmäßig über die Gruppen. In der Kategorie *Erarbeitung* sind die Gruppen Schl3 und Schl4 mit je drei Kodierungen sowie Schl2 und LFS2 mit keiner Kodierung hervorzuheben, in der Kategorie (Er-)Klärung LFS2 mit zwei Kodierungen.
Insgesamt wurden bei KLS3 mit fünf Kodierungen die meisten Gesprächsmuster zu Bewertungen geäußert, in Schl1 und LFS4 mit jeweils nur einem Gesprächsmuster die wenigsten. Die Verteilung verdeutlicht, dass über alle Gruppen hinweg die Bewertung - trotz

expliziter Aufforderung und entsprechender Spalten innerhalb des Argumentationsbogens - nur einen geringen Stellenwert einnimmt.
Diese Beobachtung wird unterstützt durch die Erkenntnis, dass die Bewertung der Argumente im letzten Lernimpuls kaum Beachtung findet. Hier werden die Stärkungen und Schwächungen als absolutes Maß gesehen: Eine Antwort wurde gestärkt oder geschwächt, in welcher Stärke das Argument bewertet wurde, geht zumeist nicht in die abschließende Einigung auf eine Antwort ein.

Gesprächsmuster zur Kategorie Inhalt
Die Gesprächsmuster zur Kategorie Inhalt sind die am häufigsten kodierten und auch die am vielfältigsten realisierten.
Die häufigste Kategorie ist der *Monolog* mit 183 Kodierungen. Hervorzuheben sind hier die Gruppen Schl1, Schl3, Schl4 und KLS5, die über dem Durchschnitt (18,3) der Nennungen liegen. Schl2, LFS2, LFS4 und KLS3 liegen unter dem Durchschnitt, jedoch hier im oberen Bereich. LFS2 und LFS3 liegen mit nur vier bzw. fünf Monologen weit unter dem Durchschnitt. Die Gruppen mit den meisten Monologen sind auch jene mit den meisten inhaltlichen Gesprächsmustern. Entsprechend ist es möglich, dass bei vielen Gesprächsmustern bestimmte - letztendlich als Monolog realisierte - Sprechakte unbeachtet bleiben. Die prozentualen Anteile des Monologs im Vergleich zu allen Gesprächsmustern einer Gruppe zeigt eine andere Verteilung: Schl1 (27), KLS5 (26), Schl4 (25) und LFS4 (24) weisen den höchsten prozentualen Anteil auf, während LFS2 und LFS3 nur sechs bzw. acht Prozent Monologe äußern. Anders ist dies bei *bestätigten Monologen*, die in fast allen Gruppen bei ein bis zwei Prozent liegen, in KLS3 jedoch weit über dem Durchschnitt bei 13 %. Die Gruppe scheint in dieser Hinsicht eine Besonderheit zu sein, dass ein Schüler (AR12) häufig zu stützende Behauptungen oder anerkannte Stützen nennt, denen seine Mitschüler zustimmen.
Die nächst häufige Kategorie ist die *Erarbeitung*, die 137 Mal erfolgreich und 46 Mal nicht erfolgreich realisiert wird. Bei den erfolgreichen Erarbeitungen sind Schl3, LFS2 und LFS3 sowohl in absoluten Zahlen als auch relativ in Bezug auf ihre gesamten Gesprächsmuster am häufigsten vertreten. Diese Gruppen verwenden 20 %, 29 % bzw. 23 % aller Gesprächsabschnitte auf erfolgreiche Erarbeitungen, während Schl2, Schl4 und LFS1 dieses mit jeweils neun Prozent am wenigsten realisieren. Hervorzuheben ist an dieser Stelle noch einmal LFS2, bei denen alle Erarbeitungen erfolgreich beendet werden. Bei den *nicht erfolgreichen Erarbeitungen* hat ebenfalls Schl3 den höchsten Wert - sowohl absolut (16) als auch relativ (10) - und wird dabei ergänzt von Schl1 mit 8 Kodierungen und zehn Prozent der Gesprächsmuster.
Das Gesprächsmuster *(Er-)Klärung* wird 99 Mal erfolgreich und 26 Mal nicht erfolgreich realisiert. LFS2 und KLS3 sind dabei hervorzuheben mit 14 % bzw. 16 % erfolgreicher (Er-)Klärungen; Schl4 weist mit fünf Prozent den geringsten Wert auf. Schl3 hat mit sie-

ben Kodierungen die meisten *nicht erfolgreichen (Er-)Klärungen*; aufgrund der großen Gesamtzahl an Kodierungen machen diese jedoch nur vier Prozent aller gefundenen Gesprächsmuster aus. Gerade bei Schl3 ist der hohe Wert nicht erfolgreicher Erarbeitungen in Kombination mit einem geringen Anteil erfolgreicher (Er-)Klärungen (bei inhaltlich stark unterschiedlichen Standpunkten) eine mögliche Erklärung dafür, dass die Schüler die Thematik nicht ausreichend erarbeiten bzw. klären und sich somit für eine nicht anerkannte Antwort entscheiden.
Die Kategorie *Austausch* wird absolut zwischen fünf (LFS2) und 15 Mal (Schl3, KLS5) realisiert; die höchsten prozentualen Anteile haben LFS1 und KLS5 mit 19 % bzw. zwölf Prozent, den geringsten LFS2 mit sieben Prozent. Der Austausch gilt als Möglichkeit, bestehendes Wissen auszutauschen und somit alle Gruppenmitglieder auf den gleichen Wissensstand zu bringen.
In der Kategorie *Konflikt* werden 22 dieser Gesprächsmuster erfolgreich, 48 nicht erfolgreich abgeschlossen. Schl2, LFS4 und KLS5 weisen mit fünf Prozent den höchsten Wert erfolgreich gelöster Konflikte auf, wobei die Werte bei LFS4 relativiert werden müssen: Aufgrund der geringen Gesamtzahl an Gesprächsmustern reichen drei Kodierungen aus, um die fünf Prozent zu erreichen. Häufiger realisiert wurden die *nicht erfolgreichen Konflikte*: Hier sind LFS1, LFS2, LFS4 und KLS5 mit jeweils elf (LFS1), zehn (KLS5) bzw. neun Prozent hervorzuheben; Schl1 hat mit einer Kodierung, die gleichzeitig einem Prozent entspricht, den geringsten Anteil nicht erfolgreicher Konflikte. Gerade bei den Gruppen LFS1, LFS2 und LFS4 ist hervorzuheben, dass sie trotz ungelöster Konflikte zur anerkannten Lösung gelangen.
Die *Ko-KonstruktionKo-Konstruktion* ist eine Kategorie, die primär bei der Formulierung von Argumenten auftritt. Aufgrund ihrer implizierten Zusammenarbeit ist deren Häufigkeit ein Indiz für die Kollaboration der Schüler. In den Gruppen Schl1, Schl4 und KLS3 tritt sie mit 6 Kodierungen am häufigsten auf, bei LFS1, LFS3, LFS4 mit null und KLS5 mit einer Kodierung am seltensten. Die Kodierungen entsprechen bei Schl1 sechs, bei KLS3 sogar sieben Prozent aller Gesprächsmuster; damit nehmen sie einen relativ großen Anteil explizit über die Zusammenarbeit definierter Gesprächsmuster ein.

zu iii) Treten die Gesprächsmuster bei unterschiedlichen Lernimpulsen in unterschiedlicher Art und Häufigkeit auf?

Tabelle 70 zeigt die Häufigkeiten der Gesprächsmuster pro Lernimpuls über alle Gruppen summiert. Besonderheiten in Bezug auf bestimmte Gruppen werden im Folgenden beschrieben.

Tab. 70: Anzahl Gesprächsmuster pro Lernimpuls

	Lernimpuls							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A>Austausch	7	6	3	2	1	4	4	0
A>Austausch>nE	0	0	0	0	0	0	1	0
A>Erarbeitung	7	11	2	2	1	0	1	0
A>Erarbeitung>nE	3	4	2	2	0	0	1	0
A>(Er-)Klärung	15	23	10	4	2	2	3	1
A>(Er-)Klärung>nE	2	1	0	0	1	1	0	0
A>Konflikt	2	4	1	0	0	0	2	0
A>Konflikt>nE	0	1	2	0	0	1	0	0
A>Monolog	13	21	4	9	2	1	4	2
A>Monolog>Bestätigt	0	0	0	1	0	0	0	0
gesamt_A	**49**	**71**	**24**	**20**	**7**	**9**	**16**	**3**
B>Erarbeitung	6	5	0	1	1	0	0	0
B>Erarbeitung>nE	1	0	0	0	0	0	0	0
B>(Er-)Klärung	1	0	0	1	1	0	0	0
B>Konflikt>nE	0	0	0	0	0	0	2	0
B>Monolog	0	0	1	2	0	0	0	0
B>Monolog>Bestätigt	2	0	1	0	0	0	0	0
gesamt_B	**10**	**5**	**2**	**4**	**2**	**0**	**2**	**0**
I>Austausch	23	34	2	12	5	10	7	1
I>Austausch>nE	3	3	0	0	0	0	1	0
I>Erarbeitung	19	22	16	16	15	14	18	8
I>Erarbeitung>nE	4	7	9	11	6	2	6	0
I>(Er-)Klärung	30	21	12	11	11	4	8	1
I>(Er-)Klärung>nE	7	8	6	2	3	1	1	0
I>Ko-Konstruktion	11	6	5	3	1	3	2	0
I>Ko-Konstruktion>nE	4	0	0	0	0	0	0	0
I>Konflikt	6	8	6	0	2	0	0	0
I>Konflikt>nE	13	11	11	4	2	4	0	0
I>Monolog	63	47	18	14	9	8	21	0
I>Monolog>Bestätigt	3	10	1	2	0	3	2	0
gesamt_I	**186**	**177**	**86**	**75**	**56**	**49**	**66**	**10**
gesamt	294	324	136	119	72	67	100	16

Legende: A=Aufgabe; B=Bewertung; I=Inhalt

Insgesamt ist die Tendenz zu erkennen, dass im Laufe der Lernimpulse 1 bis 6 die Anzahl der Gesprächsmuster geringer werden; Lernimpuls 7 entspricht nicht dieser Tendenz, sondern zeigt eine gestiegene Anzahl. Lernimpuls 8 ist nicht mit den anderen direkt vergleichbar, da diesen Lernimpuls nur die Gruppen der LFS und der KLS bearbeitet haben. Im Folgenden werden Tendenzen und Besonderheiten in den Gesprächsmustern beschrieben, wobei teilweise der Blickwinkel geändert und Vergleiche innerhalb eines Lernimpulses angestrebt werden.

Aufgabenspezifische Gesprächsmuster

Die aufgabenspezifischen Gesprächsmuster sind insgesamt am häufigsten bei Lernimpuls 1 und 2 zu finden (49 bzw. 71). Dies ist bei Lernimpuls 1 mit dem Beginn der Aufgabe inkl. Ausfüllen des Argumentationsbogens zu begründen; die Methodik der für die Schüler unbekannten Unterrichtskonzeption wird von ihnen gemeinsam erarbeitet bzw. einander erklärt. Bei Lernimpuls 2 ist die hohe Anzahl der Kodierungen auch mit dem durchzuführenden Experiment, zu dem relativ viele Sprechakte geäußert werden, zu begründen. Insgesamt sind die häufigsten Gesprächsmuster in Lernimpuls 1 und 2 (Er-)Klärungen, gefolgt von Monologen und Erarbeitungen; gerade an den vielen (Er-)Klärungen und Erarbeitungen lässt sich erkennen, dass die Schüler trotz einer Einführung Bedarf an klärenden bzw. strukturierenden Gesprächen haben. Schon bei Lernimpuls 3 nimmt mit insgesamt 24 aufgabenspezifischen Gesprächsmustern die Zahl deutlich ab; dies wird als Hinweis gesehen, dass entsprechende Fragen und Unklarheiten an dieser Stelle zumeist geklärt sind. Im Verlauf der Lernimpulse werden tendenziell weniger Gesprächsmuster kodiert, wobei Lernimpuls 7 mit 16 Realisierungen eine Ausnahme darstellt. Diese 16 Kodierungen werden zumeist als Monolog oder Austausch realisiert - es sind also eher unbeachtete oder sammelnde Aspekte und keine klärenden oder erarbeitenden Gespräche.

Der Austausch nimmt während der Lernimpulse 1 bis 5 von sieben auf eine Kodierung ab, bei den Lernimpulsen 6 und 7 steigt die Anzahl auf jeweils vier. Die Lernimpulse 6 und 7 unterscheiden sich von den vorangegangenen dahingehend, dass keine Informationen erarbeitet und Schlussfolgerungen gezogen werden müssen, sondern dass eine Einigung sowie eine Abstraktion gefordert ist. Es ist zu vermuten, dass mit diesem neuen Blickwinkel keine neue Erarbeitung oder (Er-)Klärung der Aufgabe nötig ist, dass aber aufgabenspezifische Aspekte ausgetauscht werden, um sich der gestellten Aufgabe zu versichern. Auch die Anzahl der Monologe sinkt in der Tendenz im Verlauf der Lernimpulse. Dies ist vermutlich vor allem mit sinkender Gesamtzahl der Gesprächsmuster zu begründen.

Bewertende Gesprächsmuster

Bewertende Gesprächsmuster sind in weitaus geringerem Umfang kodiert als aufgabenspezifische und besonders als inhaltliche. Über alle Lernimpulse hinweg sind es nur 25 Kodierungen. Die bewertenden Gespräche, die geführt werden, werden zumeist (13) in Form von Erarbeitungen kodiert: Die Schüler erarbeiten die Bewertung kollaborativ, wobei sie von einem gemeinsamen Problem ausgehen und vermutlich eine relativ gleiche Wissensbasis haben, da die vorigen Lernimpulse gemeinsam bearbeitet wurden. Bewertungen sollten besonders in den Lernimpulsen 1 bis 5 besprochen werden, da aus diesen Lernimpulsen Stützen für oder gegen Antworten genannt bzw. erarbeitet werden können, die es anschließend zu bewerten gilt. In Lernimpuls 1 werden tatsächlich die meisten Bewertungen besprochen (10) und dies sechs Mal über Erarbeitungen und zwei Mal über bestätigte Monologe realisiert. Innerhalb der Gesprächsmuster können mehrere Antworten bewertet werden, sodass rein von der Gesamtzahl der Bewertungen eine positive Bilanz gezogen werden könnte. Die entsprechenden Gespräche werden jedoch nur von den Schl-Gruppen sowie LFS2 und LFS3 geführt, die anderen Gruppen bewerten während des ersten Lernimpulses ihre Antworten nicht. Dieses Muster ändert sich im weiteren Verlauf der Lernimpulse: Hier äußern sich die Schl-Gruppen nicht mehr in Form eines bewertenden Gesprächsmusters. Die Gespräche sind auf die LFS- und KLS-Gruppen beschränkt und werden von diesen variierend realisiert, wobei nicht jede Gruppe sich zu jedem Lernimpuls äußert. Die so zu erkennenden Tendenzen weisen darauf hin, dass die bewertenden Aspekte von allen Gruppen sporadisch, jedoch von keiner konsequent beachtet und somit anscheinend nicht als notwendig angesehen werden.

Inhaltliche Gesprächsmuster

Insgesamt 186 Gesprächsmuster wurden in Bezug auf den Inhalt kodiert. In der Tendenz sinkt im Verlauf der Lernimpulse auch die Anzahl der Kodierungen von 186 auf 49 in Lernimpuls 6. In Lernimpuls 7 steigt sie noch einmal auf 66 Kodierungen, während sie bei Lernimpuls 8 auf zehn sinkt. (Bei Lernimpuls 8 ist zu beachten, dass er nur von sechs der zehn Gruppen bearbeitet wurde.) Die hohen Anzahlen in Lernimpuls 1 sind damit zu erklären, dass jeder Schüler zum einen sein Konzept vorstellt, die Vorstellungen der Mitschüler diskutiert und bewertet werden können und anschließend alle Konzepte für den Argumentationsbogen in Worte gefasst werden können. Entsprechendes gilt auch für Lernimpuls 2, in dem Thesen für alle Antworten aufgestellt und entsprechende Schlussfolgerungen gezogen werden können. In diesen Lernimpulsen geht es also stets um alle vier Antworten, während sich die folgenden drei nur auf jeweils eine Antwort beziehen. Bei Lernimpuls 2 wird zusätzlich ein Experiment durchgeführt, sodass auch hier ein erhöhter Gesprächsanreiz gegeben ist.

Von den 186 Kodierungen im ersten Lernimpuls sind etwa 1/3 Monologe. Diese relativ hohe Zahl an Monologen werden besonders von KLS5 realisiert (18 Kodierungen in Lernimpuls 1): In dieser Gruppe unterhalten sich zumeist zwei Schüler miteinander, während die Äußerungen eines Mitglieds häufig ignoriert werden und somit monologisch bleiben. Im weiteren Verlauf relativiert sich die Zahl und die anderen Schüler werden in das Gespräch einbezogen. Weiterhin verringert sich ab Lernimpuls 3 die Zahl der Monologe anfangs um mehr als 2/3 (LI3: 18 Monologe) und dann weiterhin über die Lernimpulse hinweg. Eine Ausnahme bildet Lernimpuls 7 mit 21 Kodierungen; in diesem ist es besonders in den Schl-Gruppen zu beobachten, dass ein Schüler den Lernimpuls bearbeitet, während die anderen Schüler sich weniger beteiligen. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Schl-Gruppen diese Aufgabe im Vergleich zu den anderen Gruppen als schwierig und abstrakt empfinden, während dies bei den anderen Gruppen nicht der Fall ist. Eine weitere Erklärung kann sein, dass gerade die Schl-Gruppen gegen Ende unmotivierter sind und sich somit einige Schüler weniger beteiligen. Diese These wird unterstützt durch die Tatsache, dass der Unterricht an einem Freitagnachmittag stattfand und einige Schüler Müdigkeit bekundeten.

Bestätigte Monologe finden sich mit zumeist null bis drei Kodierungen insgesamt wenig; nur Lernimpuls 2 mit zehn Kodierungen folgt nicht der Tendenz. Fünf dieser zehn Kodierungen werden von der Gruppe KLS3 realisiert, in der Schüler AR12 eine leitende Funktion einnimmt, indem er z. B. Schlussfolgerungen zieht, die von anderen Schülern bestätigt werden.

Die nach den Monologen als nächst häufig realisierte Kategorie ist die der (Er-)Klärung. Sie beginnt mit 30 Kodierungen und sinkt ebenfalls - mit Ausnahme von Lernimpuls 7 - stetig. Zu erklären ist die Anzahl zu Beginn erneut mit den maximal vier Antwortmöglichkeiten, die vorgestellt und diskutiert werden. Bei Lernimpuls 2 werden diese vier ebenfalls diskutiert und entsprechende Schlussfolgerungen gezogen. In den Lernimpulsen 3, 4 und 5 wird jeweils nur eine Antwort diskutiert, sodass hier entsprechend die Kodierungen auf 12 (LI 3) bzw. 11 (LI 4 und 5) sinken. In Lernimpuls 6 wird das erlangte Wissen zusammengefasst und sich auf eine Antwort geeinigt; an dieser Stelle finden kaum (Er-)Klärungen statt. Erst in Lernimpuls 7 bei der Abstraktion steigt die Zahl auf acht Kodierungen. Nicht erfolgreiche (Er-)Klärungen finden sich ebenfalls vermehrt in den Lernimpulsen 1 (7) und 2 (8). Die hohen Zahlen weisen darauf hin, dass gerade die Offenheit der beiden Lernimpulse die Schüler dahingehend überfordern kann, strukturierte Gespräche zu führen, über die eine (Er-)Klärung eines Sachverhalts gelingen kann. Auch Lernimpuls 3 hat mit sechs Kodierungen relativ viele nicht erfolgreiche (Er-)Klärungen; dies ist vermutlich eher inhaltlich als über die Offenheit der Aufgabe zu begründen: Der Lernimpuls 3 funktioniert - anders als die Lernimpulse 4 und 5 - über eine Wahrscheinlichkeit: Es erscheint unwahrscheinlich, dass ein Molekül den ganzen Raum

einnehmen kann. Diese Vagheit ist eine mögliche Erklärung dafür, dass (Er-)Klärungen weniger häufig erfolgreich verlaufen als in den Lernimpulsen 4 und 5.

Die beschriebene Tendenz, dass die Anzahl der Kodierungen im Verlauf der Lernimpulse abnimmt, wird von den folgenden Kategorien aufgehoben: So beginnt die Kategorie Austausch mit 23 Kodierungen. Die Zahl ist darin begründet, dass die Schüler sich nicht im Sinne eines Wissensgefälles ihre Vorstellungen erklären, sondern diese gemeinsam sammeln. Diese These wird unterstützt durch die relativ hohe Zahl der Ko-Konstruktionen (11) in diesem Lernimpuls. Die Zahl steigt in Lernimpuls 2 (34), da sich die Schüler hier häufig auch über Beobachtungen in Bezug auf das Experiment austauschen sowie Thesen sammeln. Im Folgenden scheinen besonders Lernimpuls 4 und 6 dazu anzuregen, Wissen auszutauschen. Bei Lernimpuls 4 ist dies anhand der Nennungen der Eigenschaften von Eugenol, Wasser und Kohlenstoffdioxid zu begründen, in Lernimpuls 6 anhand des Austauschs des Wissens zu chemischen Reaktionen und Aggregatzustandsänderungen. Lernimpulse 3 und 5 scheinen dagegen weniger Austausch zu initiieren: Hier wurden nur zwei bzw. fünf Kodierungen realisiert. Ein Grund kann sein, dass weniger Wissen abgeglichen oder gesammelt werden muss, sondern direkt mögliche Konsequenzen aus den Lernimpulsen gezogen werden können. Diese These wird gestützt durch die relativ gleichen Anzahlen an Kodierungen in den Kategorien Erarbeitung und (Er-)Klärung bei den Lernimpulsen 3, 4 und 5.

Die Kategorie Erarbeitung ist mit 14 bis 22 Kodierungen über die Lernimpulse 1 bis 7 relativ konstant. Dass in Lernimpuls 1 nicht nur Wissen ausgetauscht, sondern auch hier Sachverhalte bereits ohne weiteren Input erarbeitet werden, zeigen die 19 Kodierungen. Nicht erfolgreich verlaufen die Erarbeitungen besonders in den Lernimpulsen 3 (9) und 4 (11). Zu vermuten ist hier, dass die nicht erfolgreichen Erarbeitungen in Lernimpuls 3 ebenfalls mit der Art des Impulses (Argumentation anhand der Wahrscheinlichkeit, nicht anhand von Fakten) zusammenhängen: Da sich die Erarbeitungen nicht auf Fakten beziehen können, brechen diese Gesprächsabschnitte schneller ab. Diese These wird gestützt durch die ebenfalls relativ häufig vorkommenden Konflikte, die erfolgreich (6) oder nicht erfolgreich (11) verlaufen können. Dieser Lernimpuls scheint dahingehend Gesprächsanreiz zu sein, als dass konfligierende Standpunkte und Schlussfolgerungen möglich sind. Anstatt den Sachverhalt zu erarbeiten bzw. den Konflikt zu lösen, brechen die Gespräche jedoch vorher ab. Weitaus weniger Konflikte gibt es in Lernimpuls 4. Auch dies weist darauf hin, dass die abzuleitenden Fakten ein Kriterium für weniger Konflikte sind. Dass die Erarbeitungen dennoch teilweise nicht erfolgreich verlaufen, ist über den Inhalt der Aufgabe zu erklären: Die Schüler haben hohen Bedarf, zu dem Impuls Wissen auszutauschen und so die hier relevanten Eigenschaften der Stoffe zu nennen. Aus diesem Wissen wird versucht, Schlussfolgerungen zu ziehen; dies gelingt den Schülern nicht unbedingt beim ersten Versuch, sondern einige Gespräche brechen zwischenzeitlich ab. Diese Abbrüche sind besonders bei den Gruppen Schl2, Schl3, Schl4 und LFS4 zu erkennen, während an-

dere Gruppen direkt ein erfolgreich erarbeitendes Gespräch führen. Hervorzuheben ist bei allen nicht erfolgreich erarbeitenden Gruppen, dass sie in diesem Lernimpuls auch erfolgreich erarbeitende Gespräche führen; dies zeigt, dass Gespräche zwar abgebrochen, aber erneut aufgenommen und erfolgreich zu Ende geführt werden können.
Konflikte kommen sowohl in erfolgreicher als auch in nicht erfolgreicher Form zumeist während der Lernimpulse 1 bis 3 vor (insgesamt 19, 19, 17); während der letzten zwei treten sich gar nicht auf. Erfolgreich geführte Konflikte können ein möglicher Antrieb zu Konzeptentwicklungen sein, da sie verschiedene Standpunkte gegenüberstellen und in einem Konsens enden. Gerade in den Lernimpulsen 1 und 3 waren Konflikte zu erwarten, da der erste Impuls offen gestellt ist und der dritte keine Fakten liefert, auf die die Schüler sich beziehen können. Auffällig ist, dass ein größerer Teil der Konflikte nicht erfolgreich verläuft, sondern z. B. in Ignoranz des Konflikts oder Gleichgültigkeitsbekundungen endet. Auch dies ist zum Teil mit der Art der Lernimpulse zu erklären. Nicht erfolgreich geführte Konflikte in Lernimpuls 1 sind dahingehend zu rechtfertigen, als dass zu diesem Zeitpunkt kein Input in Form von Lernimpulsen gegeben wurde und somit die Konsensbildung schwierig zu erreichen ist. Konfligierende Meinungen werden daher auch nach einer Diskussion jeweils beibehalten. In Lernimpuls 2 sind die Konflikte inhaltlich sehr unterschiedlich; so diskutiert LFS3 beispielsweise darüber, ob in dem Luftballon Luft enthalten war oder nicht, und Schl1 darüber, ob zu Beginn überhaupt etwas in dem Ballon enthalten war. Bei Lernimpuls 3 ist die hohe Anzahl an Konflikten über die beschriebene Wahrscheinlichkeit der Schlussfolgerung zu begründen.

G-2.4 Führen Schüler interpretative Gespräche?

Interpretative Gespräche werden definiert als Gespräche, in denen Fragen gestellt sowie Stützen genannt und eingefordert werden. Um die Frage zu beantworten, wurden die Kodierungen

- Inhalt>Frage>Verständnis
- Inhalt>Frage>Unbekanntes
- Inhalt>Stütze>anerkannt
- Inhalt>Stütze>nichtAnerkannt
- Inhalt>Aufforderung>Stütze

ausgewählt, ungewichtet summiert und der prozentuale Anteil in Bezug auf alle Sprechakte ermittelt. Tabelle 71 zeigt die prozentualen Anteile sowie die daraus resultierende Platzierung von 1=höchster prozentualer Wert bis 10=niedrigster prozentualer Wert.

Tab. 71: Prozentuale Anteile interpretativer Gespräche

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_Interpretative Anteile	11,8	11	13,1	15,4	12,8	12,3	16,5	12,9	15,9	10,5
Platzierung	8	9	4	3	6	7	1	5	2	10

Es gibt keinen Wert, ab dem man von interpretativen oder nicht interpretativen Gesprächen spricht. Nimmt man den Durchschnittswert von 13,1 % als Orientierung, so liegen Schl4, LFS3 und KLS3 darüber, Schl3 auf dem Durchschnittswert, die anderen Gruppen darunter. Die hier gezeigten prozentualen Anteile zeigen nur die Indikatoren für interpretative Gespräche, jedoch nicht den Anteil interpretativer Gespräche als Ganzes, zu denen entsprechende Antworten, zu stützende Behauptungen etc. zählen.

G-2.5 Welche Ziele der Diskussion werden während des Gesprächs deutlich?

Das übergreifende Ziel einer kollaborativen Diskussion ist das gemeinsame Erarbeiten einer Lösung, also das gemeinsame Lernen. In Rahmen der untersuchten Unterrichtskonzeption deutet dies das gemeinsame Überprüfen der Thesen (Auswahlantworten) mit Hilfe der Lernimpulse. Die Bestimmung möglicher Ziele wird gruppenspezifisch analysiert, da trotz verschiedener Intentionen der Schüler eine Diskussion von allen teilnehmenden Schülern beeinflusst und ihr so eine Richtung gegeben wird. Deduktiv erarbeitet wurden folgende mögliche Ziele:

- *Gemeinsames Lernen*
- *Recht haben* / Gewinnen einer Diskussion
- *Abarbeiten* der Aufgabe
- *Kompromissfindung*

Weitere Ziele wie bspw. die Diffamierung eines Mitschülers o. Ä. sind denkbar, jedoch wurden sie nicht als wahrscheinlich erachtet und daher in den deduktiven Kategorien nicht integriert.

Ein Ziel einer Diskussion wird hier über die Aspekte der Diskussion analysiert, in der die inhaltlich relevante Diskussion a) nicht erfolgreich verläuft und b) bei einem Konflikt erfolgreich verläuft. Diese Aspekte wurden herausgegriffen, da gerade über Verlauf und Anzahl *nicht* erfolgreicher Gesprächsmuster bzw. erfolgreicher Konflikte Ziele erkannt werden können. Um die Frage zu beantworten, wurden alle Konflikte sowie alle weiteren nicht erfolgreichen Gesprächsmuster zu bewertenden und inhaltlichen Aspekten induktiv in Bezug auf ihren Verlauf charakterisiert. Die entstandenen Kategorien sind Tabelle 72 zu entnehmen. Ein Kodierleitfaden findet sich im Anhang in Tabelle XVII.

Tab. 72: Charakterisierung von Konflikten und nicht erfolgreichen Gesprächsmustern

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
Nicht erfolgreich verlaufende Gesprächsmuster										
Abbruch	2	1	4	-	-	1	1	2	-	1
Bestimmt	1	-	-	-	2	-	2	-	-	-
Gleichgültig	2	1	-	-	-	-	1	2	-	3
Keine inhaltliche Antwort	-	2	2	-	-	-	1	-	-	-
Kompromiss	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Themenwechsel	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
Unbeachtet	2	2	12	5	-	3	3	2	4	9
Unlogische Argumentation	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterbrechung	2	2	5	4	-	-	-	4	-	-
Unwissen	3	4	-	1	1	-	1	1	2	1
Verschiedene Meinungen	2	-	2	1	3	1	2	1	-	9
Erfolgreich gelöste Konflikte										
Einlenken (begründet)	-	4	3	1	1	-	1	-	1	2
Einlenken (unbegründet)	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-
Gemeinsam erarbeitet	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Schlichtung/gleiche Meinung	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1
Selbst erarbeitet	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1

Nicht durch alle Kategorien lassen sich Rückschlüsse zu einem Ziel ziehen und das Auftreten einer Kategorie bedeutet ebenfalls keine eindeutige Zuweisung zu einem Ziel. Über das Gesamtbild von Charakteristika der Konflikte und nicht erfolgreichen Gesprächsmustern lassen sich aber Hinweise auf Ziele ableiten. Dafür wurden die Charakteristika als Indikatoren zu den vier Zielen zugeordnet und die Häufigkeiten der Kodierungen addiert. Bei Überprüfung der Ergebnisse mit den inhaltlichen Sprechakten wurde festgestellt, dass diese Indikatoren nicht für alle Kategorien gegeben waren. Sinnvolle Ergebnisse wurden lediglich für folgende Kategoriezuordnungen gefunden:

Bestimmt	→	Recht haben
Gleichgültigkeit:	→	Abarbeiten
Kompromiss	→	Kompromissfindung
Einlenken (begründet)	→	Gemeinsames Lernen
Gemeinsam erarbeitet	→	Gemeinsames Lernen
Schlichtung/gleiche Meinung	→	Gemeinsames Lernen

Tabelle 73 zeigt die prozentualen Häufigkeiten der Kategorien in Bezug auf alle von der Gruppe getätigten Sprechakte.

Tab. 73: Prozentuale Anteile zielbestimmender Gesprächsmuster

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_Recht haben	1	-	-	-	2	-	2	-	-	-
%_Abarbeiten	2	1	-	-	-	-	1	2	-	3
%_Kompromissfindung	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
%_Gemeinsames Lernen	-	4	5	1	1	-	1	1	1	3
%_zielbestimmende Gesprächsmuster (gesamt)	15	17	31	12	7	8	12	17	8	28

Die Kategorien wurden im Rahmen der Gesprächsmuster erarbeitet; diese wurden über die gesamte Gesprächsdauer kodiert. Entsprechend ist es möglich, dass scheinbar widersprechende Kategorien, wie z. B. Abarbeiten und Gemeinsames Lernen, innerhalb einer Gruppe kodiert wurden.

Die Kategorie *Recht haben* wurde kodiert bei Schülern, die zum Abschluss eines Gesprächsmusters mit ungeklärtem Inhalt ein Ergebnis oder einen Satz bestimmt haben. Bei sieben Gruppen wurde diese Kategorie nicht kodiert; dies gilt bereits als Hinweis, dass Gespräche innerhalb einer Gruppe nicht von einem Schüler in bestimmender Weise geleitet werden. Dennoch relativ häufig ist diese Kategorie bei LFS2 mit zwei von acht und LFS3 mit zwei von zwölf Kodierungen. Die bestimmenden Sprechakte wurden jeweils von unterschiedlichen Schülern getätigt, sodass auch hier nicht von *einem* bestimmenden Schüler gesprochen werden kann.

Die Kategorie *Abarbeiten* wurde kodiert bei Gleichgültigkeitsbekundungen: Ein offener Konflikt oder ein ungeklärter Sachverhalt wurden von den Schülern wahrgenommen, jedoch bewusst nicht geklärt, sondern übergangen. Immerhin bei der Hälfte der Gruppen wurde dies mindestens ein Mal kodiert. In Relation fand dies am häufigsten bei Schl1 mit zwei von 15 Kodierungen statt, wie folgender Gesprächsausschnitt beispielhaft zeigt:

„Nee, das widerspricht sich." „Egal, mach einfach!" (C105 bzw. C106, 19:30)

In dieser Gruppe ist es Schüler C106, der beide Sprechakte äußert, aufgrund derer das Gesprächsmuster als Gleichgültig kodiert wurde. Obwohl Schüler C105 eine leitende Position in Bezug auf die Strukturierung des Gesprächs übernimmt, widerspricht er dieser Gleichgültigkeitsbekundung nicht und auch die anderen beiden Schüler äußern sich nicht dazu. In der Gruppe LFS4 wird es ebenfalls zwei Mal kodiert. Hier äußert sich Schüler EK91, der sich ansonsten nahezu nicht am Gespräch beteiligt: Er beendet die Diskussion der drei Gruppenmitglieder über die Eigenschaften des Eugenols, indem er fordert: „Lass uns jetzt einfach irgendwas machen." (21:33) Da er sich nicht am Gespräch beteiligt, ist es

unwahrscheinlich, dass er fachlich zur Diskussion beitragen könnte. Anders ist es bei Schüler RV98: Nach einer Diskussion mit OL53 über das Argument zu Lernimpuls 5 (Spalten von Wasser), sagt er (in leicht gereiztem Ton): „Ja, schreib hin, was du willst. Es entsteht Wasserstoff." (26:53) Hier wird deutlich, dass er einen Standpunkt vertritt, jedoch anscheinend keine Ambitionen mehr hat, diesen seinem Mitschüler zu erklären. Zu rechtfertigen sind diese fehlenden Ambitionen damit, dass Schüler OL53 - trotz Bemühungen von RV98, die Intention des Lernimpulses zu erläutern - stets darauf beharrt, dass beim Kochen von Wasser keine Moleküle gespalten werden, ohne den Lernimpuls noch einmal zu lesen und ohne gezeigtes Interesse, den Standpunkt von RV98 zu verstehen. Gruppe KLS5, die zu Beginn sehr ausführlich diskutiert, bearbeitet die letzten Lernimpulse in relativ kurzer Zeit und nennt auch zum Ende zwei der drei Gleichgültigkeitsbekundungen (beide von EE70). Dies gibt den Hinweis, dass sie gegen Ende der Gruppenarbeit die Aufgabe nicht - wie zu Beginn - als Lerngelegenheit wahrnimmt, sondern über mögliche Faktoren wie gefühlten Zeitdruck oder geringer werdende Motivation eher zum Abarbeiten der Aufgabe tendiert.

Die *Kompromissfindung* ist nur bei Gruppe LFS2 kodiert worden, hier jedoch bei zwei von acht Kodierungen, die beide von Schüler AE31 geäußert werden. Dieser schwankt zwischen den Antworten A und B und beendet eine Diskussion über die Antworten A und B mit der Aussage, dass beides sein könne. Eine weitere Diskussion, ob Lernimpuls 1 Antwort D stärke oder schwäche, beendet er, indem er vorschlägt, Antwort D auf dem Argumentationsbogen in Klammern zu setzen. Der Schüler nimmt entsprechend die Konfliktsituationen wahr, er zeigt jedoch nicht die primäre Intention, die Sachverhalte auszudiskutieren, sondern eher das Bestreben, diese Diskussionen so zu klären, dass Vertreter beider Standpunkte zufrieden sind. Dies versucht er im Sinne eines Kompromisses.

Die Kategorie des *Gemeinsamen Lernens* wird auf Basis dreier kodierter Kategorien bestimmt und hat entsprechend eine höhere Häufigkeit der Kodierungen. Acht von zehn Gruppen zeigen mindestens eine Kodierung, sodass insgesamt vermutet werden kann, dass diese Gruppen zu bestimmten Zeitpunkten gemeinsam lernen. Mit vier von 17 Kodierungen hat Schl2 die Kategorie am häufigsten realisiert. Bei jeder dieser Realisierungen des Gemeinsamen Lernens nimmt Schüler C104 die Rolle des Erklärenden bzw. Schlussfolgernden ein, dem die anderen Schüler zustimmen. Dies gibt den Hinweis, dass die Gruppenmitglieder C104 das Fachwissen zuschreiben, die Aufgabe lösen zu können, und ihm dahingehend vertrauen, dass sie seinen Standpunkt akzeptieren und sich diesem anschließen. Dabei ist es nicht so, dass Schüler C104 seinen Standpunkt vorgibt, sondern er lässt sich auf Überlegungen seiner Mitschüler ein und widerlegt diese häufig mit einer nachvollziehbaren Erklärung. Diese wiederholt er bei Bedarf bereitwillig, sodass er durchaus als jemand angesehen werden kann, der um einen Lernzuwachs seiner Gruppenmitglieder bemüht ist. Schl3 mit fünf von 31 Kodierungen hat die nächst höhere Anzahl. Diese werden nicht nur - wie bei Gruppe Schl2 - durch das begründete Einlenken

realisiert, sondern auch durch das gemeinsame Erarbeiten und das Feststellen des gleichen Standpunktes (nach vorheriger Diskussion). Ähnlich wie bei Schl2 wird hier ein Schüler (C121) als jemand angesehen, der das Fachwissen hat und dem entsprechend vertraut werden kann; anders als bei C104 ist es jedoch so, dass er sich der fachlich anerkannten Antwort nicht sicher ist, sondern zu Antwort C tendiert, wobei er auch die anderen für möglich hält. Entsprechend nimmt er die führende Rolle in Bezug auf das Fachwissen ein, leitet die Gruppe aber dadurch zum Teil in die falsche Richtung. C121 ist sich jedoch bewusst, dass er sich der Antwort nicht sicher ist und regt häufig dazu an, Sachverhalte zu erarbeiten bzw. zu klären, sodass er als jemand angesehen werden kann, der an einer gemeinsamen Überprüfung aller Thesen - und damit am gemeinsamen Lernen - interessiert ist.

In den anderen Gruppen wurde die Kategorie in geringerem Maße realisiert, sodass es hier nicht möglich war, Muster zu erkennen wie in den Gruppen Schl2 und Schl3. Dass aber die Kategorie auftritt, wird als Indiz genommen, dass die Schüler auch am Lernprozess der anderen Schüler interessiert sind und die Aufgabe zumindest in bestimmten Abschnitten des Gesprächs als Chance des gemeinsamen Lernens ansehen.

6.4.4 Fazit zu „Gesprächsmuster kollaborativer Argumentationen“

Die im theoretischen Vorhersagesystem formulierte Proposition lautet, dass die Schüler typische Gesprächsmuster einer kollaborativen Argumentation nutzen. Die in einzelnen Zwischenfazits zusammengefassten Ergebnisse seien an dieser Stelle noch einmal fokussiert dargestellt.

Typische und grundlegende Indikatoren für eine (kollaborative) Argumentation sind

- das Aufstellen und Stützen von Behauptungen,
- das Bezugnehmen aufeinander,
- das tief gehende Diskutieren über Sachverhalte sowie
- das gemeinsame Ziel des gemeinsamen Lernens (vgl. Kap. 2.3 und 2.4).

Ein Indiz, das nicht nur für kollaborative, sondern für alle Argumentationsformen gilt, ist die Notwendigkeit, Behauptungen zu stützen; dies wird meist in Form einer Begründung realisiert. Dass Behauptungen überhaupt gestützt werden müssen, scheint allen Schülern bekannt zu sein: Insgesamt werden durchschnittlich 67 % aller Behauptungen gestützt, was eine angemessene Zahl ist, bedenkt man die Gesprächsmaxime nach Grice (1975), nach der bereits getätigte Sprechakte nicht noch einmal wiederholt werden sollten. Lediglich KLS3 mit nur 44 % genannten Stützen fällt weit unter den Durchschnitt.

Für die Beantwortung der Frage, wie Schüler ihre Behauptungen stützen, wurde unterschieden in inhaltlich anerkannte und nicht anerkannte Stützen (beides als *angemessene* Stützen bezeichnet) sowie in Zirkelschlüsse. Die Anzahl der Zirkelschlüsse gibt einen Hinweis darauf, ob das Konzept einer angemessenen Stütze vorhanden ist. Die Gruppen LFS1 bis LFS4 weisen besonders wenige Zirkelschlüsse auf (2 % bis 4 %), Schl1 und Schl2

mit 28 % und 12 % überdurchschnittlich viele. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Gruppen der LFS, Schl3, Schl4 und KLS5 ihre Behauptungen angemessen stützen. KLS3 nennt insgesamt wenige Stützen und davon noch 8 % als Zirkelschluss. Die Gruppen Schl2 und besonders Schl1 äußern viele Zirkelschlüsse, sodass hier zu vermuten ist, dass ein angemessenes Verständnis eines Arguments fehlt.

Ob Schüler sich aufeinander beziehen, wurde anhand unbeachteter Sprechakte untersucht. Zu differenzieren sind hier die Werte inhaltlich beachteter Sprechakte, die zwischen 88 % und 98 % liegen, und aufgabenspezifischer Sprechakte, von denen zwischen 67 % und 95 % beachtet werden. Die Frage, ob sich Schüler aufeinander beziehen, kann entsprechend für inhaltliche Aspekte positiv beantwortet werden. Besonders positiv hervorzuheben sind die Gruppen KLS3 und LFS2 mit 97 % bzw. 98 % beachteter Sprechakte. In Bezug auf aufgabenspezifische Sprechakte kann sie ebenfalls für neun Gruppen positiv beantwortet werden. Lediglich Gruppe LFS4 mit 67 % fällt aus diesem Muster heraus. Aus welchem Grund die Sprechakte in beiden Bereichen unbeachtet bleiben, ist an dieser Stelle nicht zu klären. Neben der Möglichkeit, dass sie tatsächlich nicht wahrgenommen wurden, könnten sie auch ignoriert worden sein.
Neben der Frage, *ob* sich Schüler aufeinander beziehen, besteht weiter die Frage, *wie* sie dieses realisieren. Insgesamt werden in den Gruppen zwischen 218 und 834 Sprechakte geäußert. Bereits der geringste Wert von 218 kann als positiv bewertet werden, da diese Anzahl über ein Schüler-Lehrer-Gespräch vermutlich nicht zu realisieren ist (vgl. Wells 1999). Die gefundenen Bezüge sind beispielsweise Frage, Antwort, Behauptung, Widerspruch, Einschränkung, Stütze und zeugen von komplexen Diskussionen. Insgesamt zeigen sich die über die Konzeption erwünschten Sprechakte: Primär werden zu stützende Behauptungen aufgestellt (als Behauptung oder als Schlussfolgerung), diese werden zu einem Großteil (67 %) gestützt. Über Aussagen wird Wissen ausgetauscht und reflektiert. Fragen zeigen die Offenheit der Schüler, Aspekte zu er- oder hinterfragen; die Zahl an Widersprüchen, Verbesserungen und Zweifeln zeigt die Bereitschaft, Sachverhalte und Konzepte zu hinterfragen und auszudiskutieren, anstatt sie hinzunehmen oder zu übernehmen.
Aufgrund der stark differierenden Werte der absoluten Zahlen erfolgte ein Vergleich der Gruppen primär über relative Werte. In der Tendenz liegen viele Gruppen in den Kategorien Zweifel, Aufforderung und Behauptung>zuStützen in ähnlichen Bereichen. Stärkere Schwankungen gibt es hingegen in den Kategorien Stütze>anerkannt mit Werten zwischen 1,1 % (Schl3) und 19,2 % (KLS3), Stütze>nichtAnerkannt mit Werten zwischen 0,6 % (KLS3) und 5,8 % (Schl3) oder Zustimmung mit 4,4 % (Schl1) bis 18,6 % (KLS3). Schl3, die mit 15 % überdurchschnittliche viele Aussagen tätigen, scheinen entsprechend viel Wissen auszutauschen, aus diesem Wissen jedoch in vergleichsweise geringem Maße Schlussfolgerungen abzuleiten. Eine weitere in unterschiedlichem Maße realisierte Kate-

gorie ist die des Beharrens, die einen Eindruck über den Verlauf eines Gesprächs gibt: Werden bei Schl3 und Schl4 Widersprüche und Verbesserungen zumeist angenommen werden, werden sie es bei LFS2 zu 89 % nicht direkt, sondern die Schüler beharren auf ihrem anfänglichen Standpunkt. Auch die Werte von Fragen und Antworten aus primärer und sekundärer Kodierung sowie deren Verhältnis gibt ein differentes Bild: Während von LFS1 und LFS2 (fast) alle Fragen beantwortet werden (103,8 % bzw. 96,6 %), sind es bei Schl3 und Schl4 nur 60,6 % bzw. 57,4 %. (Der Wert von 103,8 % ist durch mehrfach beantwortete Fragen zu begründen.)
Werden die referenziellen Kategorien wie beispielsweise Ergänzen, Zustimmen oder Beharren in die jeweiligen referierten Kategorien einbezogen, so steigen besonders die Werte von Aussagen, (zu stützenden) Behauptungen und Stützen. Gerade das Beharren auf zu stützenden Behauptungen zeigt, dass Standpunkte nicht übernommen, sondern - zumindest eine Zeit - beibehalten und verteidigt werden. Dies ist dahingehend positiv zu werten, als dass die Schüler nicht unreflektiert Standpunkte übernehmen und assimilieren; es zeigt jedoch auch, wie schwierig es ist, einen Standpunkt zu wechseln und entspricht somit der Erkenntnis der Stabilität von Schülervorstellungen. Aussagen, Behauptungen und Stützen werden in weit höherem Maß von Schülern ergänzt als Widersprüche, Zweifel und Einschränkungen - dies dient als Hinweis, dass gerade das Äußern eines gegenteiligen Standpunkts bzw. das Anzweifeln eines Standpunkts eine Einzelleistung ist, während Austausch und Wissenskonstruktion ko-konstruktiv erfolgen können.
Widersprüche werden am häufigsten gegen zu stützende Behauptungen genannt; dies geschieht primär von den Gruppen LFS1, LFS2, LFS3 und KLS5, während sich Schl1 und Schl3 nicht bzw. dahingehend nur wenig äußern. Schl3 ist in dieser Hinsicht hervorzuheben, da sie gegen Behauptungen und Aussagen die meisten Widersprüche äußert; dies entspricht der Annahme, dass sie zwar Wissen austauschen, jedoch Schwierigkeiten haben, daraus Schlussfolgerungen zu ziehen. Gleichzeitig gilt dies auch als möglicher Grund: Innerhalb der Gruppe herrscht keine Einigkeit über grundlegende Sachverhalte, sodass ein Schlussfolgern erschwert wird. Diese These wird gestützt durch die vergleichsweise geringe Zahl an Zustimmungen in Bezug auf zu stützende Behauptungen: Da die Schüler häufig ihre Standpunkte wechseln und dabei unstrukturiert und sprunghaft arbeiten, fehlt ihnen eine gemeinsame Basis an Wissen und damit die Möglichkeit, sich konstruktiv aufeinander zu beziehen.

Es wurde die Kategorie Frage als Kategorie vorgestellt, die als Indiz für tief gehende Diskussionen gilt. Über eine spätere Analyse der induktiv gefundenen sieben Subkategorien von Fragen wurde festgestellt, dass die Gesamtzahl der Fragen kein Indikator für eine tief gehende Diskussion ist. Lediglich zwei der sieben Arten der Fragen (zum Verständnis und zu Unbekanntem) gelten als Elemente, die für die Erarbeitung von neuem Wissen wichtig sind. Die fünf anderen Subkategorien dienen z. B. der Wiederholung oder der Strukturie-

rung und spielen somit in der Erarbeitung von Wissen lediglich eine sekundäre Rolle, indem durch sie Gespräche gelenkt werden etc. Fragen zu Unbekanntem werden vergleichsweise häufig von den Schl-Gruppen sowie von KLS3 gestellt, wobei Schl3 mit einem weit über dem Durchschnitt (12,4) liegenden Wert (46) heraussticht. Verstehensfragen äußern die Schüler von Schl3 nur zwei; hier liegen die Schüler aus Schl1, Schl2, LFS3, KLS3 und KLS5 über dem Durchschnitt. Ob die geringe Zahl an Verstehensfragen daran liegt, dass die Schüler alle Aussagen verstehen, oder daran, dass sie die Aussage eines Mitschülers nicht auf Verstehen überprüfen - oder dieses tun, aber dennoch nicht nachfragen, bleibt an dieser Stelle unklar.

Die Frage nach der Stringenz der Gespräche gibt Hinweise auf deren Strukturiertheit bzw. der Komplexität und wird anhand der Kategorie der übergreifenden Bezüge analysiert: Hier wird deutlich, dass sich besonders die Gruppen Schl1, Schl2, Schl3 und KLS5 durch fehlende Struktur auszeichnen - die Schüler beziehen sich häufig auf vorangegangene Diskussionen, da diese aufgrund fehlenden Abschlusses erneut diskutiert werden müssen. Die Gespräche der LFS-Gruppen, von Schl4 und KLS3 zeichnen sich durch eine besonders hohe Struktur aus. Ein übergreifender Bezug kann andererseits positiv gewertet werden, wenn er im Sinne einer Verknüpfung von Wissen realisiert wird. Dies wäre ein Indiz für Vernetztheit und Komplexität eines Gesprächs. Dieser Bezug gelingt jedoch lediglich einem Schüler aus Schl3.

Neben übergreifenden Bezügen können Abschnitte festgestellt werden, die einen inhaltlich zusammenhängenden Bereich beschreiben. Diese wurden als Gesprächssequenzen kodiert, die einen Eindruck über den Zusammenhang der Sprechakte liefern. Die Gesamtzahl der Gesprächssequenzen differiert stark; festzuhalten ist, dass die Gruppen der LFS und der KLS unter dem Durchschnitt der aufgabenspezifischen Gesprächssequenzen liegen, die Schl-Gruppen darüber. In Bezug auf inhaltliche Gesprächssequenzen liegen die LFS-Gruppen sowie Schl2 und Schl4 darunter. Zu einer hohen Anzahl an Gesprächssequenzen kommt es beispielsweise bei häufigen Themenwechseln und Rückbezügen, während eine stringente Gesprächsführung eher zu einer geringen Anzahl an Gesprächssequenzen führt. Obwohl andere Erklärungen möglich sind, bietet die Häufigkeit - zumindest in ihren Extrema sowie den vorliegenden Gruppen - einen Hinweis auf die Strukturiertheit der Gespräche.

Abgesehen von KLS5, bei der die Werte gleich sind, enthalten die Gesprächssequenzen in Bezug auf den Inhalt mehr Sprechakte als die aufgabenspezifischen. Der relativ hohe Anteil von 20 % aufgabenspezifischer Sequenzen wird entsprechend relativiert, da die Aspekte mit weniger Sprechakten geklärt werden. In der Länge der Gesprächssequenzen sind Schl2 und Schl4 mit 11,8 bzw. 11,7 Sprechakten/Gesprächssequenz als ein Extrem, KLS3, KLS5 und Schl1 mit 6,0, 6,1 und 6,2 Sprechakten/Gesprächssequenz als ein anderes Extrem zu nennen.

Während die Gesprächssequenzen inhaltliche Abschnitte zeigen, wird anhand von Gesprächsmustern die *Funktion* eines Abschnitts kodiert. Induktiv gefunden wurden die Muster Austausch, (Er-)Klärung, Erarbeitung, Konflikt, Ko-Konstruktion, Monolog sowie bestätigter Monolog. Bis auf den Monolog können alle Kategorien erfolgreich oder nicht erfolgreich realisiert werden und sich auf Inhalt, Aufgabe oder Bewertung (der Stärke eines Arguments) beziehen. Insgesamt wurden 720 inhaltliche, 207 aufgabenspezifische und 28 bewertende Gesprächsmuster kodiert; entsprechend kann gefolgert werden, dass die Schüler relativ geringen Wert auf bewertende Aspekte legen und viel auf inhaltliche. Trotz gleicher Einführung der Aufgabe durch die Autorin weisen die Schl-Gruppen die höchste Anzahl an aufgabenspezifischen Gesprächsmustern auf; entsprechend ist die Vermutung, dass sich diese Gruppen häufiger rückversichern bzw. größere Schwierigkeiten in der Umsetzung der Aufgabe haben. In Bezug auf die Bewertungen ist festzuhalten, dass - trotz Unterschiede zwischen den Gruppen - insgesamt die Tendenz der geringen Beachtung besteht. Dieses Ergebnis wird gestärkt durch die Diskussionen in Lernimpuls 6, in denen die Bewertung der Stärke eines Arguments kaum bis keine Beachtung findet - es geht lediglich um absolute Stärkung oder Schwächung durch ein Argument, nicht um dessen Stärke.

Im Bereich Inhalt wurden mit 183 Kodierungen am meisten Monologe kodiert; diese Zahl lässt sich über die in den anderen Mustern enthaltenen Sprechakte relativieren, sodass diese Zahl nicht als negativ in Bezug auf die Konzeption gewertet wird. Während Schl1, Schl4, LFS4 und KLS5 jeweils etwa 1/5 aller Gesprächsmuster als Monolog realisieren, sind es bei LFS2 und LFS3 nur sechs bzw. acht Prozent. Anders ist dies bei bestätigten Monologen, bei denen KLS3 mit 13 % weit über dem Durchschnitt liegt: Hier stellt Schüler AR12 häufig zu stützende Behauptungen oder anerkannte Stützen auf, denen seine Mitschüler zustimmen. Eine mögliche Erklärung ist, dass Gruppen, in denen ein leitender Schüler sowie drei unsichere aufeinandertreffen, eher zu zustimmenden Monologen tendieren.

Die Schüler *erarbeiten* (137 erfolgreich, 46 nicht erfolgreich), *erklären* (99 erfolgreich, 26 nicht erfolgreich) und *tauschen* sich weiterhin *aus* (99 erfolgreich, 8 nicht erfolgreich).

Über den Austausch wird primär über eine Sammlung von Konzepten/Wissen die Basis für eine folgende Erarbeitung oder (Er-)Klärung gelegt; alle drei Muster entsprechen der Form eines kollaborativen Gesprächs. Während Schl3, LFS2 und LFS3 besonders häufig erfolgreich Sachverhalte erarbeiten (- was nicht bedeutet, dass die Sachverhalte fachlich anerkannt sind), gelingt es Schl2, Schl4 und LFS1 vergleichsweise selten. Auch bei den nicht erfolgreichen Erarbeitungen hat Schl3 - gemeinsam Schl1 - den höchsten relativen Wert. LFS2 und KLS3 erklären sich häufig Sachverhalte erfolgreich, bei Schl3 ist der Wert nicht erfolgreicher (Er-)Klärungen am höchsten. Gerade bei Schl3 kann die Kombination aus vielen nicht erfolgreichen Erarbeitungen und dem geringen Anteil erfolgreicher

(Er-)Klärungen dazu führen, dass sich die Schüler inhaltlich zu wenig mit dem Sachverhalt auseinandersetzen und sich somit am Ende für die falsche Antwort entscheiden.
Die Gruppen LFS1, LFS2, LFS4 und KLS5 weisen die höchsten Anteile an nicht *erfolgreich gelösten Konflikten* auf; Schl2 und wiederum LFS4 und KLS5 haben den höchsten Anteil *erfolgreicher Konflikte*. Die Besonderheit an der Kategorie Konflikt ist, dass sie häufiger nicht erfolgreich als erfolgreich realisiert wird. Im positiven Sinn kann ein Konflikt (im Sinne eines soziokognitiven Konflikts) der Theorie nach ein Ausgangspunkt für eine Konzeptentwicklung sein. Aus der relativ niedrigen Zahl der erfolgreichen Konflikte kann gefolgert werden, dass dies möglicherweise in diesem Kontext keine geeignete Möglichkeit ist, Konzeptentwicklungen anzuregen. Positiv gedeutet kann andererseits eine mögliche Folgerung sein, dass immerhin 22 von insgesamt 70 Konflikten erfolgreich gelöst werden können - obwohl eine Konzeptentwicklung schwierig zu initiieren ist. Da keine Vergleichswerte vorliegen, die eine der beiden Folgerungen stärken, kann keine abschließende Bewertung der Konflikte vorgenommen werden.
Die *Ko-Konstruktion* impliziert die Zusammenarbeit der Schüler und gilt entsprechend als Indiz der Kollaboration: Hier sind Schl1, Schl4 und KLS3 positiv hervorzuheben, LFS1, LFS3 und LFS4 weisen mit keiner Kodierung den geringsten Wert auf.
In Bezug auf die Lernimpulse treten besonders in Lernimpuls 1 und 2 *erarbeitende* und *erklärende aufgabenspezifische* Gesprächsmuster auf. Dies ist mit dem Beginn der Aufgabe (Lernimpuls 1) und dem Durchführen des Experiments (Lernimpuls 2) zu erklären. Im weiteren Verlauf nehmen diese Muster stark ab, sodass gefolgert werden kann, dass die Aufgabe von den Schülern verstanden wurde. Erst bei Lernimpuls 6 und 7, die sich strukturell von den vorangegangenen unterscheiden, steigt die Zahl leicht an. Bewertende Muster wurden insgesamt nur 25 kodiert, von denen 13 Erarbeitungen darstellen. Die Bewertungen erfolgen sporadisch und von keiner Gruppe konsequent.
In der Tendenz sinkt die Anzahl der Sprechakte für die Kodierungen *Monolog*, *bestätigter Monolog*, *(Er-)Klärung* im Laufe der Lernimpulse, wobei Lernimpuls 7 mit leichter Steigerung eine Ausnahme bildet. Die Monologe sind ungleich über die Gruppen verteilt, wobei gerade die Schl-Gruppen viele Monologe aufweisen. Hier bearbeitet zumeist ein Schüler die Aufgabe, während sich die anderen weniger beteiligen. Eine Möglichkeit ist die empfundene Schwierigkeit der Aufgabe für die Schl-Gruppen oder eine sinkende Motivation. Letzteres wird über Müdigkeitsbekundungen und die Tatsache, dass die Stunden an einem Freitagnachmittag liegen, gestützt. Auch nicht erfolgreiche (Er-)Klärungen finden zumeist in den Lernimpulsen 1 bis 3 statt. Dies lässt vermuten, dass die Offenheit der Impulse 1 und 2 sowie der über eine Einschätzung der Wahrscheinlichkeit arbeitende Lernimpuls 3 die Schüler zwar zu (Er-)Klärungen anregt, sie aber zu einem gewissen Grad überfordert. Diese These wird gestützt durch die ebenfalls während dieser Lernimpulse hohen Zahl an erfolgreichen und besonders an nicht erfolgreichen *Konflikten*. Letztere

sind in Lernimpuls 1 damit zu rechtfertigen, dass Input fehlt, um Vorstellungen begründet auszuschließen, sodass eine Konsensbildung schwierig ist.
Zu einem *Austausch* von Wissen scheinen besonders die Lernimpulse 1, 2, 4 und 6 anzuregen. Dies ist anhand der Lernimpulse selbst zu erklären: In Lernimpuls 1 stellen sich die Schüler ihre Konzepte vor, in 2 sammeln sie Thesen zum Experiment, in 4 Eigenschaften von Wasser, Kohlenstoffdioxid und Eugenol und in 6 tauschen sie sich über die letztendliche Antwort aus. In den Lernimpulsen 3 und 5 geschieht dies weniger. Zu vermuten ist hier, dass die Schüler kein Wissen im Sinne eines Abgleichs austauschen, sondern direkt Schlussfolgerungen erarbeiten bzw. Sachverhalte erklären.
Die *Erarbeitungen* laufen über alle Lernimpulse hinweg relativ konstant; dies zeigt, dass auch ohne Input in Lernimpuls 1 bereits Wissen konstruiert werden kann. Hervorzuheben ist hier Lernimpuls 3, in dem die meisten nicht erfolgreichen Erarbeitungen ablaufen. Der Impuls scheint hier aufgrund der - im Vergleich zu Lernimpuls 4 und 5 - fehlenden Fakten größere Schwierigkeiten zu bereiten. Die Möglichkeit, verschiedene Standpunkte einzunehmen, wird auch durch die Anzahl der (erfolgreichen und nicht erfolgreichen) *Konflikte* gestützt. Dies wird im Rahmen der Bewertung der Konzeption nicht als negativ gesehen, sondern bietet den Schüler einen Gesprächsanreiz sowie die Erfahrung, dass Schlussfolgerungen nicht immer eindeutig zu ziehen sind.
Ein weiterer Punkt kollaborativer Argumentationen ist deren interpretativer Charakter. Hier zeigt sich, dass Schl4, LFS3 und KLS3 interpretative Diskussionen führen, während Schl3 auf dem Durchschnittswert und alle anderen darunter liegen.

Als letzter Punkt gilt das Ziel der Diskussion als ein Indikator für den Grad der Kollaboration. Eine eindeutige Charakterisierung der Ziele war an dieser Stelle nicht möglich, dennoch konnten Hinweise auf Ziele ausgemacht werden: In keiner Gruppe trat ein Schüler auf, der den Verlauf des Gesprächs konsequent *bestimmte* und Konzepte vorgab. Insgesamt scheinen die Gespräche entsprechend eher gemeinsam und gleichberechtigt zu verlaufen. Das gemeinsame Lernen wurde bei acht Gruppen kodiert. In zwei Gruppen konnten Muster erkannt werden: In Schl2 verläuft das gemeinsame Lernen zumeist über einen Schüler in der Rolle des Erklärenden, in Schl3 über das gemeinsame Diskutieren und Erarbeiten. Dass die Kategorie vergleichsweise häufig kodiert wurde, wird als Indiz genommen, dass die Schüler zumindest in Abschnitten am eigenen Lernerfolg sowie dem der Mitschüler interessiert sind.
Das *Abarbeiten* im Sinne eines Erledigens der Aufgabe, ohne großen Wert auf eigenen Erkenntnisgewinn zu legen, wurde bei der Hälfte der Gruppen zwischen einem Mal und drei Malen kodiert. Dabei gibt es Hinweise, dass es aufgrund von fehlendem Interesse, gefühltem Zeitdruck bzw. geringer werdender Motivation, aber auch aufgrund unreflektiert beharrender Mitschüler geschieht. Im Vergleich zu den anderen Gesprächsmustern liegt diese Kategorie in geringem Maße vor.

Eine *Kompromissfindung* wurde nur in einer Gruppe kodiert, dies jedoch zwei Mal bei dem gleichen Schüler. Entsprechend scheint dieser besonders darauf bedacht, verschiedene Standpunkte zuzulassen und Konflikte zu vermeiden.
Über die möglichen Aspekte hinweg wurden Tendenzen bzw. Extrema in Tabelle 74 gesammelt, die deutlichen positiven oder negativen Charakter haben (wie beispielsweise die Anzahl der Zirkelschlüsse oder eine hohe/geringe Struktur). Über sie werden Besonderheiten verschiedener Gruppen deutlich, die im Folgenden kurz erläutert werden sollen. Über die Zeichen + bzw. - werden Extrema bzw. Tendenzen gekennzeichnet, die in Bezug auf kollaborative Argumentationen besonders positiv bzw. negativ zu werten sind. Nicht ausgefüllte Felder entstehen durch fehlende Extrema bei den entsprechenden Gruppen.

Tab. 74: Tendenzen und Extrema kollaborativer Indizien

	Gruppen									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
Zirkelschlüsse	-	-			+	+	+	+		
Stützen									-	
beachtete SA						+			+	
Stütze anerkannt			-						+	
Stütze>nA			-						+	
beantwortete Fragen			-	-	+	+				
Inhalt>Frage>Unbekanntes	+	+	+	+					+	
Struktur	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-
Monolog	-			-		+	+	-		-
Erarbeitung		-	+	-	-	+	+			
Erarbeitung>nE	-		-							
(Er-)Klärung						+			+	
(Er-)Klärung>nE			-							
Konflikt>nE	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-
Ko-Konstruktion	+			+					+	
Interpretative Gespräche	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-
Abarbeiten	-							-		-
Gemeinsames Lernen	-	+	+			-				+
+ (gesamt)	3	3	4	5	2	7	6	2	9	1
- (gesamt)	7	4	7	3	3	3	0	4	1	5

Legende: + / - = positiv bzw. negativ zu deutender Wert in Bezug auf kollaborative Argumentationen

Diese Tabelle zeigt keine statistisch auszuwertenden Werte, sondern dient der Charakterisierung der Gruppen. So wird beispielsweise gerade bei den KLS-Gruppen ein deutlicher Unterschied in dem Grad der Kollaboration deutlich: Während KLS5 fünf negative Wertungen und nur eine positive aufweist, sind es bei KLS3 9 positive und nur ein negative. KLS3 scheint dahingehend weitaus mehr zu kollaborieren als KLS5. Positiv hervorzuheben mit vergleichsweise vielen positiven Werten sind entsprechend KLS3 (9), LFS2 (7), LFS3 (6) und Schl4 (5), die alle über dem Durchschnitt von 4,2 liegen. Am wenigsten gut schneiden KLS5 (1), LFS1 (2) und LFS4 (2) ab. In Bezug auf die negativen Wertungen sind LFS3 mit keiner und KLS5 mit einer Wertung hervorzuheben. Neben Schl1 und Schl3 mit den meisten negativen Wertungen (7), sind weiterhin Schl2 (4), LFS1 (3), LFS4 (4) und KLS5 (5) zu nennen, die mehr negative als positive Wertungen verzeichnen.
Soll ein abschließendes Fazit über die Kollaboration der Gruppen gezogen werden, so zeigen alle Gruppen zumindest in Abschnitten Hinweise kollaborativer Arbeit. Insgesamt geschieht dies in unterschiedlichem Maß. Dabei ist die Gruppe KLS5 in negativer Weise hervorzuheben, während LFS3 und besonders KLS3 positiv zu benennen sind.

6.5 Mögliche bedingende Faktoren der Konzeptentwicklung

6.5.1 Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse

Zusammenhang_Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse

ZKG-1 ***Schülergruppen, die mit anormalen Daten konfrontiert werden, gelingt es eher, tief gehende Diskussionen zu führen.***

ZKG-1.1 **i) Führen Schülergruppen, die mit anormalen Daten konfrontiert werden, tiefer gehende Diskussionen, als Schüler, die nicht mit anormalen Daten konfrontiert werden?**

ii) Resultieren die tief gehenden Diskussionen in einer erfolgreichen Konzeptentwicklung?

Als anormale Daten gelten Daten, die mit den eigenen Vorstellungen nicht vereinbar sind. Über diese Daten können tief gehende Diskussionen initiiert werden, die über einen kognitiven Konflikt eine Konzeptentwicklung anregen können. Zur Überprüfung der These werden Extremgruppen gewählt, in denen Schüler häufig bzw. selten mit anormalen Daten konfrontiert werden; diese Extremgruppen werden in Bezug auf die Tiefe ihrer Gespräche verglichen.

Auswahl der Extremgruppen: Schl1, Schl3 und LFS4

Als Schülergruppen, die im besonderen Maße mit anormalen Daten konfrontiert werden, gelten die mit wenigen Vertretern der fachlich anerkannten Antwort, da so viele Schüler mit ihrem Konzept widersprechenden Daten arbeiten. Dies sind die Gruppen Schl1 und Schl3 mit den Antworten B, C, D, D.

Als anderes Extrem wird als Vergleich eine Gruppe gewählt, in denen zum einen Antwort A möglichst häufig vertreten ist und zum anderen Schüler mit der Wahl möglichst gleicher Distraktoren vertreten sind. Die wird über die Gruppe LFS4 mit den Antworten A, A, B, B realisiert.

Operationalisierung

Eine tief gehende Diskussion ist nach Wells (1999) gekennzeichnet durch Kollaboration und Dialoge. In diesem Fall sind keine Dialoge im Sinne eines Zweiergesprächs, sondern im Sinne eines gleichberechtigten Vierergesprächs gemeint. Entsprechend gelten die *Redezeiten* als Kennzeichen für einen gelungenen bzw. weniger gelungenen Dialog.

Bei Sch1 findet das Gespräch mit den am gleichmäßigsten verteilten Redezeiten statt, wobei zwei Schüler mehr und zwei Schüler weniger beteiligt sind. Schl3 hat das gleiche Muster, jedoch mit einer größeren Differenz zwischen hoher und geringerer Beteiligung. Das am wenigsten gleichberechtigte Muster zeigt sich bei LFS4: Hier beteiligen sich zwei Schüler sehr stark, einer in mittlerem Maß und einer nahezu gar nicht (vgl. Abb. 62).

Die Kollaboration wird operationalisiert durch folgende Faktoren:

Bezüge

Als grundlegendes Element einer Kollaboration gilt, dass sich Schüler aufeinander beziehen; entsprechend wird eine hohe Prozentzahl beachteter Sprechakte positiv gewertet.

Beantwortete Fragen

Die Häufigkeit beantworteter Fragen wird als ein Indiz genommen, ob Schüler aufeinander eingehen oder nicht; entsprechend wird eine hohe Prozentzahl positiv gewertet.

Gesprächsmuster

Als Gesprächsmuster, die eine Kollaboration implizieren, gelten die erfolgreichen Realisierungen der Erarbeitung, (Er-)Klärung, Ko-Konstruktion sowie des Austauschs und des Konflikts.

Ziele der Diskussion

Als Ziele, die eine Kollaboration implizieren, gelten die Kompromissfindung sowie das Gemeinsame Lernen.

Tabelle 75 zeigt die operationalisierten Faktoren, über die Kollaboration und dialogisches Gespräch charakterisiert werden können.

Tab. 75: Operationalisierte Faktoren_Kollaboration und dialogische Gespräche

	Gruppen					
	Schl1		Schl3		LFS4	
%_beachtete Sprechakte_gesamt	89		89		80	
%_Gesprächsmuster (kollaborativ)	35		42		42	
Anzahl_Kompromissfindung	-		-		-	
Anzahl_Gemeinsames Lernen	0		5		1	
%_beantwortete Fragen	73		60		70	
%_Redezeit/Schüler	C105	19,8	C107	34,7	EN40	15,9
	C115	32,7	C123	12,6	EK91	0,5
	C106	29,9	C113	12,9	OL53	44,3
	C112	17,6	C121	39,7	RV98	39,4

Um einen Vergleich herzustellen, wurden die Faktoren je Kategorie bepunktet - der beste Wert mit zwei, der mittlere mit einem, der schlechteste mit keinem. Ausnahmen stellen die Kategorie %_Gesprächsmuster sowie %_beachtete Sprechakte_gesamt dar, in denen die zwei gleichen hohen Werte zwei und der niedrigste keinen Punkt erhält.
Summiert man die Werte ungewichtet, so wird folgendes Ergebnis erzielt:

Schl1 6 Punkte
Schl3 7 Punkte
LFS4 4 Punkte

Entsprechend der theoretischen Voraussage müssten gerade bei den Gruppen Schl1 und Schl3 eine tief gehende Diskussion deutlich werden, bei LFS aufgrund geringer anormaler Daten eine weniger tief gehende. Diese These wird durch die vorliegenden Daten gestützt: Beide Gruppen, die viel mit anormalen Daten konfrontiert werden, führen tiefer gehende Gespräche als LFS4. Gerade in den Kategorien der gleichberechtigten Redezeiten, also des Dialogs, und der beachteten Sprechakte liegt LFS4 weit hinter den Schl-Gruppen. Trotz vieler kollaborativer Gesprächsmuster wird deutlich, dass die Schüler wenig aufeinander eingehen und nicht häufig (1) gemeinsam lernen.
Dass eine tief gehende Diskussion nicht mit einem erfolgreichen Umgang mit anormalen Daten einhergeht, zeigt der Vergleich mit Tabelle 76, in der der Umgang mit den anormalen Daten für die einzelnen Schüler aufgelistet ist. Nicht alle Schüler konnten in Bezug auf den Umgang mit anormalen Daten charakterisiert werden, da sich einige Schüler nicht entsprechend äußerten.

Tab. 76: Umgang mit anormalen Daten

Gruppe	Schüler	Antwort	Umgang
Schl1	C105	C	Ignoranz
	C106	D	Entwicklung (LI2), Entwicklung (LI4)
	C115	D	Entwicklung (LI2), Entwicklung (LI4)
	C112	B	-
Schl3	C107	D	Entwicklung (LI2), Uminterpretation (LI4)
	C113	B	Uminterpretation
	C123	D	Entwicklung (LI2), Uminterpretation (LI4)
	C121	C	Uminterpretation
LFS4	EN40	A	
	OL53	A	
	EK91	B	-
	RV98	B	-

Während Gruppe Schl1 die anormalen Daten wahrnimmt und sich nicht anerkannte Vorstellungen entwickeln, werden die Daten bei Schl3 eher uminterpretiert, um die eigene Vorstellung beibehalten zu können. Selbst eine vorhergegangene Entwicklung des Konzepts wird ignoriert und D weiterhin oder wiederum als möglich anerkannte Antwort angesehen. Insgesamt ist eine tief gehende Diskussion entsprechend kein Indiz für eine Konzeptentwicklung: Tief gehende Diskussionen können - wie bei Schl3 - auch genutzt werden, um Daten umzuinterpretieren, sodass sie der eigenen Vorstellungen entsprechen. Dies zeigt erneut, wie fest verankert Schülervorstellungen sind und entsprechend auch, wie schwierig es ist, eine Konzeptentwicklung anzuregen.

ZKG-2 Gruppen, in denen Schüler ihre Vorstellungen erfolgreich verändern, betätigen sich in interpretativen Gesprächen und ko-konstruieren Erklärungen.

Als erfolgreich lernende Gruppen werden hier jene angesehen, die

a) insgesamt einen hohen Lernzuwachs verzeichnen können - also die, die zu Beginn fachlich nicht anerkannte Antworten gewählt haben,
b) fachlich anerkannte Antwort erreichen,
c) diese fachlich anerkannt stützen können (Stützungslevel, vgl. Tab. 28, S. 149).

Über diese Faktoren gelten Schl1, Schl4, LFS1 und KLS3 als Gruppen, die in Bezug auf eine Konzeptentwicklung einen hohen Lernzuwachs verzeichnet haben. Als anderes Extrem gelten Schl2 und KLS5: Beide Gruppen haben sich zwar am Ende für die fachlich anerkannte Antwort entschieden, die Gruppenmitglieder mit den anfangs nicht anerkannten Antworten erreichten hier jedoch zumeist nur ein geringes Stützungslevel (vgl. Tab. 77).

Tab. 77: Anfangs gewählte Antwort und Stützungslevel

Gruppe	Schüler	Antwort	Level
Schl1	C105	C	1
	C106	D	3
	C115	D	3
	C112	B	1
Schl4	C119	A	-
	C127	D	4
	C126	C	0
	C132	B	4
LFS1	LH14	A	-
	EE28	B	4
	EN12	A	-
	AS57	D	4
KLS3	HE61	D	4
	IM23	B	4
	AL61	A	-
	AR12	A	-
Schl2	C120	C	0
	C128	D	0
	C104	A	-
	C129	D	4
KLS5	CC61	B	0
	EA35	A	-
	EE70	A	-
	IL45	C	0

Die ko-konstruierenden und interpretativen prozentualen Gesprächsanteile in Bezug auf inhaltliche Aspekte werden in Tabelle 78 dargestellt (vgl. Tab. 69, S. 267; Tab. 71, S. 279).

Tab. 78: Prozentuale Anteile_Ko-Konstruktion und interpretative Anteile

	Gruppe					
	Schl1	Schl4	LFS1	KLS3	Schl2	KLS5
%_Ko-Konstruktion	6	5	0	7	3	1
%_interpretative Anteile	11,8	15,4	12,8	15,9	11	10,5

Der theoretischen Vorhersage nach müssten die Gruppen LFS1, KLS3 und besonders Schl1 und Schl4 als Gruppen mit hohem Grad der Konzeptentwicklung einen hohen Prozentsatz interpretativer und ko-konstruierender Anteile aufweisen. Für die interpretativen Anteile wird diese These bestätigt: Schl2 und KLS5 weisen den geringsten Anteil interpretativer Anteile auf.

In der Tendenz gilt dies auch für die Ko-Konstruktionen: Gruppen Schl2 und KLS5 weisen weniger Ko-Konstruktionen auf als Schl1, Schl4 und KLS3. Eine Ausnahme bildet hier LFS1, die mit keiner Ko-Konstruktion den niedrigsten Wert aufweist. Ihre Besonderheit ist eine hohe Strukturiertheit des Gesprächs. Diese hohe Struktur wird weiterhin dadurch gestärkt, dass keine Gesprächsmuster aufgrund eines Abbruchs oder einer Unterbrechung vorzeitig beendet werden, es gibt nur wenige Monologe, die - wenn sie auftreten - meist von Mitschülern bestätigt werden. Insgesamt ist die Atmosphäre der Gruppe geprägt von einer ruhigen Gesprächsart, in der die Schüler einander aussprechen lassen. Ko-Konstruktionen bedeuten - in der hier angewendeten Definition - sich gegenseitig zu ergänzen. Möglicherweise ist dieses Gesprächsmuster entsprechend nicht mit der ruhigen Art der Gesprächsführung vereinbar.

Insgesamt lässt sich folgern, dass für die hier vorgestellten Extremgruppen hohen bzw. weniger hohen Grades einer Konzeptentwicklung die These teilweise bestätigt wird: Gruppen mit starker Konzeptentwicklung weisen einen höheren Anteil interpretativer Gespräche auf als Gruppen mit weniger starker Konzeptentwicklung.

In Bezug auf einen Zusammenhang zwischen Konzeptentwicklung und Ko-Konstruktion wird die These nicht eindeutig bestätigt: Für die Gruppen Schl1, Schl4 und KLS3 gilt, dass sie einen höheren Anteil an Ko-Konstruktionen aufweisen als Schl2 und KLS5. Die Gruppe LFS1 fällt aus der Tendenz heraus und weist - trotz starker Konzeptentwicklung von zwei Mitgliedern - den geringsten Wert der Ko-Konstruktionen auf. Eine mögliche Erklärung ist, dass Gruppen mit hoher Strukturiertheit und einer ruhigen Art der Gesprächsführung, in der wenige Unterbrechungen auftreten, entsprechend wenige Ko-Konstruktionen aufweisen.

ZKG-3 Gruppen, in denen problemzentrierte Gespräche stattfinden, lernen erfolgreicher als Gruppen, in denen assimilative Gespräche stattfinden

Problemzentrierte Gespräche werden als solche operationalisiert, in denen

- viele Widersprüche genannt werden und
- diesen Widersprüchen anfängliche Standpunkte entgegengesetzt werden (Kategorie Beharren) (vgl. (Andriessen 2006; Chi 1996; Chan 2001)

Das Verhältnis der prozentualen Anteile aus Widersprechen und Beharren gilt als Indiz, wie stark Schüler an ihren Standpunkten festhalten (vgl. Tab. 79). Zu vermuten ist hier, dass die Gruppen mit ähnlichen Werten von Widerspruch und Beharren ihre Standpunkte länger und ausführlicher ausdiskutieren und daher einen höheren Lernerfolg im Sinne einer Konzeptentwicklung verzeichnen. Schülergruppen dagegen, in denen Widersprü-

chen nicht der anfängliche Standpunkt entgegengesetzt wird, sondern die diesen zumeist zustimmen, lernen vermutlich eher assimilativ und verzeichnen im Ganzen einen geringeren Lernerfolg.

Tab. 79: Prozentuale Anteile_Widerspruch und Beharren

	Gruppe									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_Beharren gesamt	1,3	2,1	1,6	0,7	7,3	4,5	4,2	4,4	1,5	3,9
%_Widerspruch gesamt	3,4	5,1	4,3	1,7	7,3	6,0	8,4	8,5	3,9	7,3
Verhältnis	2,6	2,4	2,7	2,4	1,0	1,3	2,0	1,9	2,6	1,9
Platz	8	6	10	6	1	2	5	3	8	3

Tabelle 80 zeigt die zu vergleichenden Werte der anfangs gewählten Antwort sowie des Stützungslevels, welches als Indiz für die Stärke einer Konzeptentwicklung gilt.

Tab. 80: Anfangs gewählte Antwort und Stützungslevel

Gruppe	Schüler	Antwort	Level	Gruppe	Schüler	Antwort	Level
LFS1	AS57	D	4	Schl1	C105	C	1
	EE28	B	4		C106	D	3
	LH14	A	-		C115	D	3
	EN12	A	-		C112	B	1
LFS2	NH77	D	4	Schl3	C107	D	-
	DE12	B	0		C113	B	-
	AE31	A	-		C123	D	-
	HY42	A	-		C121	C	-
LFS4	EN40	A	-	KLS3	HE61	D	4
	OL53	A	-		IM23	B	4
	EK91	B	0		AL61	A	-
	RV98	B	4		AR12	A	-
KLS5	OC61	B	0				
	EA35	A	-				
	EE70	A	-				
	IL45	C	0				

Die These ist hier, dass besonders die Gruppen LFS1, LFS2, LFS4 und KLS5, die als problemzentrierte gelten, eine starke Konzeptentwicklung erleben. Dagegen verzeichnen die

Schüler der Gruppen Schl1, Schl3 und KLS3, die als assimilativ arbeitende gelten, vergleichsweise geringere Konzeptentwicklungen.

Diese These wird über die vorhandenen Daten nicht bestätigt: Zwar erreichen alle problemzentriert lernenden Gruppen die fachlich anerkannte Antwort, jedoch erreicht nur Gruppe LFS1 eine starke Konzeptentwicklung. Hier verzeichnen beide Schüler mit anfänglich nicht anerkannter Antwort mit vier Punkten das maximale Stützungslevel. Anders bei LFS2, in der ein Schüler das Maximum, ein Schüler jedoch auch null Punkte erreicht. Eine noch geringere Konzeptentwicklung ist bei KLS5 zu sehen: Hier erreichen beide Schüler mit anfangs nicht anerkannter Antwort lediglich das Stützungslevel null. Die Gruppe LFS4 ist an dieser Stelle nicht vergleichbar, da sie mit EK91 einen Schüler hat, der sich nahezu nicht beteiligt. Aufgrund der fehlenden sprachlichen Beteiligung ist keine Aussage über eine Konzeptentwicklung möglich; würde eine Bewertung auf Basis der Sprechhandlungen getätigt, so wäre die Gruppe entsprechend LFS2 mit einem Schüler mit vier und einem mit null Punkten vertreten.

Die einhergehende These, dass assimilativ lernende Gruppen eine geringere Konzeptentwicklung erleben, wird ebenfalls nicht bestätigt: In Gruppe KLS4 erreichen beide Schüler mit nicht anerkannter Antwort das Stützungslevel 4. In Gruppe Schl1 liegt die Besonderheit vor, dass alle Schüler anfangs eine fachlich nicht anerkannte Antwort gewählt haben; dennoch gelangen die Schüler zur fachlich anerkannten Antwort und erreichen die Stützungslevel 1,1, 3 und 3. Auch von den assimilativ lernenden Gruppen lernen nicht alle erfolgreich: Gruppe Schl3 gelingt es nicht, die fachlich anerkannte Antwort zu erarbeiten; eine Bewertung des Stützungslevels war hier daher über das erarbeitete Kodiersystem nicht möglich. Würde man das Kodiersystem zur Überzeugung in Bezug auf die zuletzt gewählte Antwort adaptiert anwenden, so gelänge man bei allen Schülern zu der Kodierung „unsicher“: Alle Schüler wechseln ihre Standpunkte häufig und stützen die jeweilige Entscheidung nicht konsequent. Sie diskutieren dabei offen ihre Unsicherheit und die Tatsache, dass sie zwischen verschiedenen Antworten schwanken. Diese Gruppe stellt in vielerlei Hinsicht eine Besonderheit dar: So haben sie beispielsweise keinen Vertreter der anerkannten Antwort, sie diskutieren überdurchschnittlich lange, jedoch sehr unstrukturiert, sie sehen bereits ausgeschlossene Antworten im weiteren Verlauf dennoch als mögliche anerkannte Antwort an und sie interpretieren Daten vermehrt um, anstatt ihre Vorstellungen zu verändern. All diese Aspekte traten in keiner anderen Gruppe in diesem Maße auf. Aus diesem Grund sowie der Tatsache, dass alle vier Schüler sich der am Ende gewählten Antwort nicht sicher sind, werden sie in diesem Fall nicht gleichwertig zu den anderen Gruppen behandelt.

Betrachtet man alle Gruppen, so kann gefolgert werden, dass die These nicht bestätigt wird, sondern es keinen hier erkennbaren Zusammenhang aus assimilativen bzw. problemzentrierten Lernen und dem Grad der Konzeptentwicklung gibt. Wird die Gruppe Schl3 aufgrund der beschriebenen Besonderheiten nicht beachtet, so würde die Gegen-

these zwar nicht bestätigt, aber zumindest gestärkt werden: Besonders die Gruppen, die nicht auf ihren Standpunkten beharren, sondern Widersprüche ihrer Mitschüler relativ schnell annehmen, zeigen eine stärkere Konzeptentwicklung, während drei der vier Gruppen, in denen Schüler auf ihren Standpunkten länger beharren und diese entsprechend länger ausgehandelt werden, eine geringere Konzeptentwicklung erleben. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass gerade die Gruppen, in denen die Schüler wenig auf ihren Standpunkten beharren, eine größere Offenheit gegenüber den anderen Standpunkten haben und diese als mögliche anerkannte Antworten akzeptieren. Eine ebenfalls mögliche Erklärung ist die Gruppendynamik, die in dieser Arbeit nicht explizit untersucht wurde: Akzeptieren die Schüler sich gegenseitig als Personen, von denen bzw. mit denen sie lernen können und sehen sich selbst nicht in der Rolle, den eigenen Standpunkt verteidigen zu müssen, so gilt es als wahrscheinlicher, dass ein Schüler sich dem Standpunkt eines Mitschülers anschließt.
Sowohl These als auch Gegenthese können an dieser Stelle nicht bestätigt werden. Somit ist anhand der jetzigen Daten zu vermuten, dass kein Zusammenhang zwischen Gesprächsstil und Konzeptentwicklung vorliegt. Für eine weitere Analyse wären Gruppen wünschenswert, die den Extrema von Schülern mit hoher und weniger hoher Konzeptentwicklung eher entsprechen. Dabei wären besonders in Bezug auf den Grad der Konzeptentwicklung homogen zusammengesetzte Gruppen sinnvoll.

6.5.2 Fazit zu „Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse“

Im Folgenden werden die drei bearbeiteten Propositionen in Kürze zusammengefasst. Die Proposition, dass Gruppen, die mit anormalen Daten konfrontiert werden, tiefer gehende Gespräche führen, wird gestützt. Das bedeutet jedoch nicht, dass über tief gehende Diskussion auch erfolgreiche Konzeptentwicklungen initiiert werden: In einer Gruppe wird die tief gehende Diskussion genutzt, um Daten umzuinterpretieren, sodass diese den eigenen Vorstellungen entsprechen. Anormale Daten scheinen entsprechend Diskussionen zu fördern, führen jedoch nicht unbedingt zur fachlich anerkannten Antwort. Dies zeigt erneut, wie fest verankert Schülervorstellungen sind und entsprechend auch, wie schwierig es ist, eine Konzeptentwicklung anzuregen.
Einen weiteren Zusammenhang von Konzeptentwicklung und Gesprächsprozessen erkennt man in Hinblick auf Konzeptentwicklung und interpretative bzw. zum Teil in Bezug auf ko-konstruierende Gesprächsanteile: Der theoretischen Vorhersage nach müssten LFS1, KLS3 und besonders Schl1 und Schl4 als Gruppen mit hohem Grad der Konzeptentwicklung einen hohen Prozentsatz interpretativer und ko-konstruierender Gesprächsanteile aufweisen. Für die interpretativen Anteile wird diese These bestätigt. In der Tendenz gilt dies auch für die Ko-Konstruktionen: Gruppen Schl2 und KLS5 weisen weniger Ko-Konstruktionen auf als Schl1, Schl4 und KLS3. Die Gruppe LFS1 bildet hier eine Ausnahme, sodass die These nicht in Gänze gestützt wird. Eine mögliche Erklärung für die

Besonderheit von Gruppe LFS1 ist das sehr ruhige und strukturierte Gesprächsverhalten, über welches Ko-Konstruktionen kaum auftreten.
Die dritte Proposition, dass Gruppen, in denen problemzentrierte Gespräche stattfinden, erfolgreicher lernen als die, in denen assimilative Gespräche im Vordergrund stehen, konnte nicht gestützt werden. Betrachtet man drei Gruppen isoliert, so gibt es eher den Hinweis, dass die Gegenthese gestärkt wird: Besonders Gruppen, in denen Widersprüche nicht ausführlich diskutiert, sondern vergleichsweise schnell angenommen werden, zeigen einen hohen Grad der Konzeptentwicklung. Eine mögliche Erklärung ist hier, dass gerade Gruppen, in denen die Schüler nicht auf ihrem Standpunkt beharren, eine größere Offenheit gegenüber anderen Antworten besitzen und diese leichter annehmen. Insgesamt muss jedoch festgehalten werden, dass auf Basis der vorliegenden Daten weder These noch Gegenthese gestützt werden können.

6.5.3 Konzeptentwicklung und Kollaboration

ZKK-1 Die Gruppen, in denen kollaborativ gearbeitet wird, verändern ihre Vorstellungen erfolgreicher als wenig kollaborativ arbeitende Gruppen

Die kollaborative Argumentation gilt als ein Weg, um zu lernen: Das Ziel ist hier nicht, ein Gespräch zu gewinnen, sondern in diesem Fall das gemeinsame Überprüfen von Thesen. Entsprechend gelten Gruppen, in denen eine hohe Zahl kollaborativer Indizien gefunden werden, als Gruppen, die vermutlich einen hohen Grad der Konzeptentwicklung aufweisen; Gruppen, bei denen wenige Indizien der Kollaboration gefunden werden, als solche mit vermutlich geringer Konzeptentwicklung. Für die Bestimmung der Kollaboration wurde auf die Faktoren aus Tab. 75 (S. 292) zurückgegriffen. Aspekte der Argumentation wurden hier - im Gegensatz zu Tabelle 81 - nicht beachtet, da es lediglich um kollaborative, nicht um argumentative Faktoren geht.

Tab. 81: Operationalisierte Faktoren_Kollaboration

	Gruppe									
	Schl1	Schl2	Schl3	Schl4	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	KLS3	KLS5
%_beachtete Sprechakte_gesamt	89	95	89	87	93	94	88	80	93	89
%_Gesprächsmuster (kollaborativ)	35	41	42	34	46	58	48	42	44	42
Anzahl_Kompromissfindung	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Anzahl_Gemeinsames Lernen	0	4	5	1	1	0	1	1	1	3
%_beantwortete Fragen	73,0	79,4	60,6	57,4	104	87,2	96,6	70,4	78,1	84,6

Um eine Auswahl treffen zu können, wurden alle Gruppen pro Kategorie bewertet von 1=bestes Ergebnis bis 10=schlechtestes Ergebnis. Alle Wertungen wurden ungewichtet summiert. Über diese Art erreichten LFS1 und LFS2 die wenigsten Punkte und stellen

somit die Gruppen der höchsten Kollaboration dar. Die Gruppen Schl4 und LFS4 erreichten die höchsten Punktzahlen und stellen somit die der geringsten Kollaboration dar.

Vergleich der Gruppen LFS2 und Schl4

Stellt man die Extremgruppen LFS2 und Schl4 gegenüber, so wird deutlich, dass eine ähnliche Konzeptentwicklung stattfand: Beide Gruppen erreichen die fachlich anerkannte Antwort; bei der stark kollaborierenden Gruppe LFS2 erreichen beide Schüler mit fachlich anfangs nicht anerkannter Antwort das Stützungslevel vier, bei der wenig kollaborativen Gruppen Schl4 erreichen ebenfalls zwei Schüler das Stützungslevel vier, einer jedoch nur das Level null (Tab. 82). Alle vier Schüler mit Stützungslevel vier sind von der Antwort überzeugt; der Schüler aus Schl4 mit Stützungslevel null liegt in Bezug auf die Überzeugung auf mittlerem Wert.

Tab. 82: Anfangs gewählte Antwort und Stützungslevel

Gruppe	Schüler	Antwort	Level	Gruppe	Schüler	Antwort	Level
LFS2	NH77	D	4	Schl4	C119	A	-
	DE12	B	0		C127	D	4
	AE31	A	-		C126	C	0
	HY42	A	-		C132	B	4
LFS1	AS57	D	4	LFS4	EN40	A	-
	EE28	B	4		OL53	A	-
	LH14	A	-		EK91	B	0
	EN12	A	-		RV98	B	4

Die aufgestellte These wird über diese Extremgruppen falsifiziert: Sowohl Schüler aus stark als auch aus wenig stark kollaborierenden Gruppen erreichen die fachlich anerkannte Antwort und sind (zumeist) von dieser überzeugt. Betrachtet man die Unterschiede der Sprechakte, so fällt auf, dass die kollaborierende Gruppe LFS2 vor allem erklärt (14,5 %) und erarbeitet (29 %), während dies bei Schl3 nur zu 5,1 % und 9,1 % geschieht. Die wenig kollaborierende Gruppe Schl3 weist demgegenüber mit 24,6 % einen hohen Anteil an Monologen auf, der in der kollaborierenden nur bei 5,8 % liegt. Insgesamt bedeutet eine geringe Kollaboration nicht, dass sich die Schüler streiten oder *gegeneinander* arbeiten, sondern vor allem, dass sie nicht *gemeinsam* arbeiten. Dieses gemeinsame Arbeiten ist in der Gruppe Schl3 nur bedingt vorhanden: Betrachtet man deren Gesprächsverlauf, so wird deutlich, dass ein Schüler (C127) sowohl in fachlicher als auch in struktureller Hinsicht eine leitende Funktion einnimmt. Er strukturiert das Gespräch und zeigt innerhalb der Gruppe die größte Ambition, alle Lernimpulse fachlich anerkannt zu lösen. Gelangt die Gruppe an einen Punkt, an dem sie kurzzeitig keine Antwort weiß, so

wird von den anderen Mitgliedern der Vorschlag geäußert, den Lernimpuls zu überspringen, während der leitende Schüler dieses Vorhaben stoppt und weiter an dem Impuls arbeitet. Dabei ist es zumeist so, dass die anderen Schüler ihm zuhören und folgen; dies wird beispielsweise in Lernimpuls 4 deutlich, den er inhaltlich alleine bearbeitet, jedoch stetig von C119 Rückmeldung erhält. Dass Schüler C132 der Diskussion folgt, wird deutlich, da er eigenständig das Argument für den Argumentationsbogen formuliert. Lediglich Schüler C126 beteiligt sich vergleichsweise wenig an der Diskussion; dieser Schüler ist es auch, der nur das Stützungslevel null erreicht und sich der Antwort nicht sicher ist. Eine mögliche Erklärung für den hohen Lernerfolg dieser Gruppe ist, dass Schüler C127 innerhalb der Gruppe als Mitglied anerkannt zu sein scheint und ihm auch entsprechendes Fachwissen zugeschrieben wird, um die Aufgabe zu lösen. Die Mitschüler hören ihm zu, sie bestärken ihn, fordern ihn auf, Überlegungen zu wiederholen, und schließen sich seiner Argumentation an; insgesamt ist jedoch in einigen Lernimpulsen klar Schüler C127 der agierende, während die Mitschüler zumeist reagieren. Schüler C127 zeichnet sich dadurch aus, dass er während des Gesprächs die Schlussfolgerungen aus den Lernimpulsen nicht direkt weiß, sondern sie sich logisch und kleinschrittig erarbeitet und dieses Erarbeiten laut äußert. Gerade dieses kleinschrittige Erarbeiten kann eine mögliche Erklärung dafür sein, dass die Mitschüler ihm folgen und den Gedankengang nachvollziehen und verinnerlichen können. Dies gibt den Hinweis darauf, dass auch ein kleinschrittiges, angeleitetes Lernen erfolgreich sein kann, ohne dass sich die Schüler den Gedanken selbstständig erarbeiten.

Vergleich der Gruppen LFS1 und LFS4

Der zweite Vergleich ist zwischen den Extremgruppen LFS1 und LFS4, die beide jeweils zwei Schüler mit fachlich nicht anerkannten Antworten zu Beginn aufweisen; beide Gruppen gelangen zur fachlich anerkannten Antwort; dabei erreicht jeweils ein Schüler das Stützungslevel 4, ein anderer Stützungslevel null (vgl. Tab. 83). Somit scheinen sie trotz verschiedener Ausgangslagen in Bezug auf die Kollaboration den gleichen Lernerfolg aufzuweisen. Betrachtet man jedoch die Überzeugung in Bezug auf die Antwort, so werden deutliche Unterschiede erkennbar: Während in der kollaborierenden Gruppe beide Schüler mit anfangs nicht anerkannter Antwort letztendlich von Antwort A überzeugt zu sein scheinen, sind die entsprechenden Schüler der wenig kollaborierenden Gruppe dies nur in mittlerem bzw. geringem Maße. Beide Gruppen zeichnen sich durch relativ ähnliche Werte in Bezug auf die Gesprächsmuster aus; so haben beide Gruppen einen vergleichsweise hohen Anteil an Monologen und nicht erfolgreich gelösten Konflikten. Während die kollaborierende Gruppe LFS1 jedoch Erarbeitungen und (Er-)Klärungen ausschließlich erfolgreich realisiert, weist die wenig kollaborierende Gruppe LFS4 einen relativ hohen Anteil nicht erfolgreicher Realisierungen auf (4,5 % bzw. 6,1 %). Diese scheitern beispielsweise an Abbrüchen von Sprechakten, die nicht weiter fortgeführt

oder erfragt werden, an Themenwechseln und vor allem an Unterbrechungen. Eine mögliche Erklärung für das zwar in Hinblick auf die Antwort erfolgreiche Lernen, welches jedoch nicht in überzeugten Schülern resultiert, ist das fehlende Beachten und damit vergleichsweise häufige Scheitern der Sprechakte.

6.5.4 Fazit zu „ Konzeptentwicklung und Kollaboration“

Insgesamt kann über den Vergleich der Gruppen die These, dass kollaborativ arbeitende Gruppen ihre Vorstellungen erfolgreicher verändern als Gruppen, die wenig kollaborativ arbeiten, nicht bestätigt werden: Auch in einer wenig kollaborierenden Gruppe, die durch Monologe eines Schülers geprägt ist, können die Schüler eine starke Konzeptentwicklung erfahren und am Ende von der fachlich anerkannten Antwort überzeugt sein. Eine aus diesen Daten generierte These ist, dass die Kollaboration ein Faktor des Lernerfolgs ist, wie der Vergleich der Gruppen LFS1 und LFS4 gezeigt hat, dieser jedoch nicht der allein bestimmende ist. So weist der Vergleich der Gruppen LFS2 und Schl4 darauf hin, dass auch wenig kollaborierende Schüler über nachvollziehbare und kleinschrittige Erklärungen Sachverhalte erlernen und dabei ihre Vorstellungen verändern können. Eine Vermutung ist hier, dass es auf die individuelle aktive oder passive Anteilnahme am Gespräch ankommt, die für jeden Schüler unterschiedlich ist. So kann auch ein nicht aktiv beteiligter Schüler durch konzentriertes Verfolgen der Diskussion gedanklich stark beteiligt sein.

6.5.5 Konzeptentwicklung und Gruppenzusammensetzung

ZKGr-1 ***Schülern in konfligierenden Gruppen gelingt es eher, ihre Konzepte zu verändern, als Schülern in nicht konfligierenden Gruppen.***

i) Zu welcher Antwort gelangen die Gruppen in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung?

ii) Gelangen konfligierende Gruppen eher zur fachlich anerkannten Antwort?

Tabelle 83 stellt die am Ende gewählte Antwort in Abhängigkeit der in der Gruppe vertretenen Antworten dar. Die Frage ist, ob konfligierende Gruppen, also Gruppen, in denen die Gruppenmitglieder unterschiedliche Vorstellungen vertreten, eher eine Konzeptentwicklung erfahren als Gruppen ohne konfligierende Zusammensetzung.

Tab. 83: Gruppenzusammensetzung und am Ende gewählte Antwort

Gruppe	Schüler	Antwort zu Beginn	Schüler	Antwort zu Beginn	Schüler	Antwort zu Beginn	Schüler	Antwort zu Beginn	Antwort am Ende
Schl1	C105	C	C106	D	C115	D	C112	B	A
Schl2	C120	C	C128	D	C104	A	C129	D	A

Gruppe	Schüler	Antwort zu Beginn	Schüler	Antwort zu Beginn	Schüler	Antwort zu Beginn	Schüler	Antwort zu Beginn	Antwort am Ende
Schl3	C107	D	C113	B	C123	D	C121	C	C
Schl4	C119	A	C127	D	C126	C	C132	B	A
LFS1	LH14	A	EE28	B	EN12	A	AS57	D	A
LFS2	NH77	D	AE31	A	HY42	A	DE12	B	A
LFS3	UT31	D	EB98	B	IM59	A	AR09	A	A
LFS4	EN40	A	OL53	A	EK91	B	RV98	B	A
KLS3	HE61	D	IM23	B	AL61	A	AR12	A	A
KLS5	CC61	B	EA35	A	EE70	A	IL45	C	A

Von zehn Gruppen ist in acht ein bzw. zweimal die fachlich anerkannte Antwort vertreten. In zwei Gruppen sind die Antworten B, C, D, D vorhanden; von diesen zwei Gruppen gelangt Schl1 zu Antwort A, Schl3 zu Antwort C. Gruppe Schl1 zeigt, dass eine Erarbeitung der fachlich anerkannten Antwort möglich ist, auch wenn diese nicht über ein Gruppenmitglied vertreten wird. Die Mitglieder dieser Gruppe schließen nacheinander die Antworten B, C und D aus, gelangen so über das Ausschlussverfahren, welches sie auch als Stütze für die Wahl nennen, zu Antwort A. Die Schüler der Gruppe Schl1 zeigen anfangs eine klare Tendenz zu den Antworten A und B (vgl. KF 2-5), während sie Antworten C und D über Lernimpuls 2 klar ausschließen. Hervorzuheben ist hier Schüler C121, der eine Konzeptentwicklung explizit äußert, indem er sagt, dass er sich in seiner eigenen These (C) widerlegt fühle. Alle Schüler sind sich einig, dass das Experiment in Lernimpuls 2 die Antworten C und D widerlege und es nur A oder B sein könnten. Diese Tatsache des Ausschlusses wird im weiteren Gespräch nicht mehr beachtet, sodass sie sich - nach langer Diskussion mit Präferenz verschiedener Antworten - schließlich für Antwort C entscheiden. Es ist möglich, dass ein Vertreter von Antwort A, der sich der Antwort zumindest relativ sicher ist, das Augenmerk eher auf A gelenkt bzw. zumindest die widerlegten Antworten als bereits ausgeschlossen in Erinnerung gerufen hätte. Dies hätte theoretisch auch durch ein Mitglied der Gruppe geschehen können, welches das Vorgehen im Sinne des Ausschlussverfahrens erkannt hätte. Inwieweit diese Möglichkeiten tatsächlich realisiert worden wären und ob sich eine Konzeptentwicklung hin zu Antwort A eingestellt hätte, bleibt hier fraglich.

Die Gruppen LFS1 bis 4 sowie KLS3 haben alle keinen Vertreter der Antwort C; dennoch beachten sie diese Antwort und alle schließen sie gestützt aus. Aus der fehlenden Vertretung einer Antwort kann demnach nicht eine fehlende Diskussion dieser gefolgert werden.

6.5.6 Fazit zu „Konzeptentwicklung und Gruppenzusammensetzung“

Anhand der vorliegenden Daten ist die Frage, ob über konfligierende Gruppen, also Gruppen, in denen die Mitglieder unterschiedliche Vorstellungen vertreten, eher eine Konzeptentwicklung initiiert werden kann, nicht zu beantworten, da die entsprechende Datengrundlage fehlt. Wird die Frage ins Zentrum einer Arbeit gestellt, so wäre es sinnvoll, die Gruppen entsprechend zusammenzusetzen. Dies war in dieser Arbeit nicht intendiert.

6.5.7 Konzeptentwicklung und Motivation

ZKM-1 Der Erfolg der Konzeptentwicklung ist abhängig von der Motivation. Eine hohe Motivation ist eine Bedingung für eine starke Konzeptentwicklung

Rheinberg, Vollmeyer & Burns (2001) unterscheiden zwei Arten der Aufgaben: eng geführte Lernsituationen, in denen es beispielsweise um das Behalten von Fakten von geht, und offene Lernsituationen, wie sie beispielsweise über das selbstgesteuerte Lernen realisiert werden. In der vorliegenden Arbeit beschäftigen sich die Schüler mit einer vergleichsweise offenen Aufgabe: Sie erarbeiten sich das Wissen aus zwar lenkenden, aber dennoch offen gestellten Lernimpulsen; dabei wird ihnen das zu lernende Wissen nicht vorgegeben, sondern sie bekommen lediglich Hilfe in Form von Lernimpulsen, aus denen sie sich die Schlussfolgerungen selbst ableiten können. Bei dieser Form der Aufgabe spielen sowohl Interesse als auch Herausforderung eine Rolle - es ist wahrscheinlich, dass interessierte Schüler eher bereit sind, sich tief gehend mit der Thematik zu befassen und somit letztendlich einen höheren Lernerfolg erzielen. Entsprechendes gilt für Schüler, die die Aufgabe als Herausforderung auf mittlerem Niveau erleben, sodass ein maximales Level an Unwissenheit besteht, ob die Aufgabe erfolgreich bearbeitet wird. (Wäre sie zu einfach, wäre sich ein Schüler des vermutlichen Erfolgs bewusst; wäre sie zu schwierig, wäre sich ein Schüler des vermutlichen Misserfolgs bewusst.) (Rheinberg, Vollmeyer & Burns 2001). Über die Faktoren Misserfolgsbefürchtung und Erfolgserwartungen wird vermutet, dass sie bei genau bekannten Lernsituationen eine Prognose ermöglichen; die vorliegenden Werte waren jedoch nicht signifikant (Rheinberg, Vollmeyer & Burns 2001). Hohe Erfolgserwartungen können dahingehend als wenig motivierend wirken, dass die Aufgabe keine Herausforderung darstellt. Entsprechendes gilt für eine sehr geringe Misserfolgsbefürchtung. Liegen diese Faktoren in sehr hohen bzw. sehr niedrigen Bereichen, werden sie während der Analyse differenzierter betrachtet als über die in Tabelle 85 (S. 311) dargestellten Werte.

Ein weiterer bedingender Faktor über den Lernerfolg ist die Bearbeitungszeit einer Aufgabe: Wer die Aufgabe in kurzer Zeit bearbeiten kann, ist wenig auf Motivation angewiesen. Anders ist dies bei Lernern, die mehrere Anläufe benötigen: Liegt hier eine hohe Motivation vor, ist das Durchführen der Aufgabe trotz mehrerer benötigter Versuche wahrscheinlicher als bei wenig motivierten Schülern. Bleibt das Interesse weiterhin erhalten, so ist ein Lernerfolg wahrscheinlicher. Entsprechend verhält es sich mit der Herausforde-

rung: Bleibt ein mittleres Niveau erhalten, so gilt die Aufgabe für Schüler noch immer als erfolgreich zu bewältigen. Bei Schülern, die über eine längere Zeit an einer Aufgabe arbeiten, gelten Interesse und Herausforderung als Faktoren, die eine Vorhersage über Lernerfolg ermöglichen; bei schnellen Lernern ist dieser Effekt mehr zu erkennen.

ZKM-1.1 Verzeichnen Schüler in motivierten Gruppen eher eine Konzeptentwicklung als Schüler unmotivierter bzw. durchschnittlich motivierter Gruppen?

Tabelle 84 zeigt sowohl die individuelle Motivation als auch die Einzelwertung der Items Interesse, Herausforderung, Misserfolgsbefürchtung und Erfolgserwartung sowie die durchschnittliche Bewertung der Motivation der Gruppen. Auf diese Tabelle wird in den folgenden Vergleichen stetig Bezug genommen.

Tab. 84: Aktuelle Motivation

Gruppe	Schüler	Interesse	Herausforderung	Misserfolgsbefürchtung	Erfolgserwartung	Motivation	Motivation/ Gruppe
LFS1	LH14	-	-	-	-	-	o+ heterogen
	EN12	-	+	o	o	+	
	EE28	o	o	o	+	+	
	AS57	o	-	o	+	+	
LFS2	NH77	o	+	-	-	-	-o heterogen
	HY42	o	-	-	+	-	
	AE31	+	+	o	o	+	
	DE12	-	-	o	-	-	
LFS3	UT31	o	-	o	o	-	-o heterogen
	IM59	-	-	-	-	-	
	EB98	+	+	+	o	+	
	AR09	o	-	-	+	-	
LFS4	EN40	-	-	-	-	-	-o (heterogen)
	EK91					(-)	
	OL53	o	+	+	o	o	
	RV98	+	o	-	+	o	
Sch1	C105	+	o	+	o	o	o+ homogen
	C115	o	+	o	o	o	
	C106	o	+	+	-	+	
	C112	o	o	o	o	o	

Gruppe	Schüler	Interesse	Herausforderung	Misserfolgsbefürchtung	Erfolgserwartung	Motivation	Motivation/ Gruppe
Schl2	C120	o	+	o	+	+	-o heterogen
	C104	-	-	-	+	-	
	C128	-	o	+	-	-	
	C129	-	o	-	o	-	
Sch3	C107	+	o	-	+	o	o+ heterogen
	C123	-	+	+	o	+	
	C113	-	o	+	-	o	
	C121	+	+	+	o	+	
Sch4	C119	+	o	o	+	+	-o heterogen
	C126	-	o	o	+	o	
	C127	-	-	o	-	-	
	C132	o	-	+	o	-	
KLS3	HE61	o	-	+	-	o	o+ heterogen
	AL61	+	+	+	+	+	
	IM23	o	-	o	+	+	
	AR12	-	+	o	-	-	
KLS5	OC61	o	o	+	o	o	o+ homogen
	EE70	+	o	o	-	o	
	EA35	+	o	o	o	o	
	IL45	+	+	o	+	+	

Legende: + = motiviert; o = durchschnittlich motiviert; - = unmotiviert

Hinweis:
Im Fragebogen von EK91 war ein Muster erkennbar, sodass davon ausgegangen wird, dass die Fragen nicht sinnvoll beantwortet wurden. Der Fragebogen wurde nicht gewertet. Da bereits der Unwille, den Fragebogen auszufüllen, ein fehlendes Maß an Motivation zeigt, wurde die Gesamtmotivation des Schülers als gering eingeschätzt; die einzelnen Faktoren bleiben unbeachtet, die Gesamtbewertung von EK91 ist nur eingeschränkt zu bewerten.

Vergleich der Gruppen LFS1 und LFS2/LFS3/Schl2

Die Gruppe LFS1 ist eine relativ homogen zusammengesetzte Gruppe in Bezug auf die Motivation mit drei motivierten und einem unmotivierten Schüler. Sie erreicht mit zwei starken Konzeptentwicklungen ebenfalls einen vergleichsweise hohen Wert. Beide Schüler mit anfangs nicht anerkannter Antwort gelangen zur fachlich anerkannten, sind von dieser überzeugt und stützen sie auf hohem Level (4). Der wenige motivierte Schüler hat zu Beginn die fachlich anerkannte Antwort angekreuzt. Er weist dahingehend auffällige

Werte auf, dass er in allen vier Faktoren, aus denen die Motivation berechnet wird, einen geringen Wert aufweist: geringes Interesse, geringe Herausforderung und gleichzeitig geringe Misserfolgsbefürchtung und geringe Erfolgserwartung. Über diese diskrepanten Werte, die sich auch über die Items innerhalb der Faktoren widerspiegeln, ist die Aussagekraft der errechneten Motivation dieses Schülers fraglich. Auch ohne diesen Schüler ist die Gruppe mit drei motivierten Schülern insgesamt eine motivierte Gruppe.

Die Gruppen LFS2, LFS3 und Schl2 weisen ein umgekehrtes Muster wie LFS1 auf: In diesen sind je drei Schüler unmotiviert und nur je einer motiviert. Dennoch gelangen auch diese Gruppen zu der fachlich anerkannten Antwort. In LFS2 ist der motivierte Schüler einer von zweien mit der anerkannten Antwort; beide Schüler mit nicht anerkannter Antwort sind unmotiviert. Der unmotivierte Schüler DE12 beteiligt sich - wie bei einer geringen Motivation zu erwarten - wenig am Gespräch; die ebenfalls wenig motivierten Schüler NH77 und HY42 beteiligen sich jedoch beide vergleichsweise viel am Gespräch, Schüler HY42 sogar mehr als der motivierte Schüler AE31. Ein Unterschied zwischen DE12 und den anderen ist die mittlere Misserfolgsbefürchtung, während sich die anderen Schüler hier auf unterem Niveau befinden. Diese geringere Misserfolgsbefürchtung ist eine mögliche Erklärung für die stärkere Beteiligung und darüber auch ein hoher Lernerfolg von NH77, der das Stützungslevel vier erreicht. Schüler DE12 dagegen bleibt auch Stützungslevel null, zeigt sich aber dennoch überzeugt von der Antwort. Zu vermuten ist hier, dass DE12 durchaus dem Gespräch gefolgt ist und sich von Antwort A hat überzeugen lassen; die geringe Motivation kann als Erklärung für die geringe aktive Beteiligung in Form von Sprechhandlungen dienen.

Die Gruppe LFS3 setzt sich ebenfalls aus einem motivierten sowie drei unmotivierten Schülern zusammen, jedoch ist in dieser Gruppe ein Schüler mit fachlich nicht anerkannter Antwort (EB98) der einzige motivierte. Die Gruppe gelangt ebenfalls am Ende zu Antwort A, jedoch erreichen die beiden Schüler mit fachlich nicht anerkannter Antwort lediglich die Stützungslevel null (UT31) bzw. zwei (EB98). Die beiden mit fachlich anerkannter Antwort beteiligen sich sprachlich am meisten, der motivierte Schüler EB98 am wenigsten. Diese geringe Beteiligung kann möglicherweise ebenfalls mit einer hohen Misserfolgsbefürchtung erklärt werden.

Die dritte Gruppe mit drei unmotivierten und einem motivierten Schüler ist Schl2, in der - wie bei LFS3 - ein Schüler (C120) mit fachlich nicht anerkannter Antwort als einiger motiviert ist. Trotz hoher Motivation beteiligt er sich vergleichsweise wenig am Gespräch; auch dies kann möglicherweise mit einer mittleren Misserfolgsbefürchtung erklärt werden, die ihn an stärkerer Beteiligung hemmt. Auffällig ist hier Schüler C104, der sich während des Gesprächs als fachlich lenkender Schüler darstellt, der von seinen Mitschülern als fachlich kompetent anerkannt zu sein scheint. Dieser ist wenig motiviert, da er geringes Interesse zeigt, die Aufgabe keine Herausforderung darstellt, er keinen Misserfolg befürchtet und Erfolg erwartet. Trotz fehlenden Interesses an Chemie ist er sich sicher, die

Aufgabe erfolgreich bearbeiten zu können. Dieser Schüler leitet die Gruppe, erklärt ausführlich seine Gedanken und Konzepte und diskutiert bereitwillig mit seinen Mitschülern. Trotz geringer Motivation zu Beginn kann die Vermutung aufgestellt werden, dass dieser Schüler die Arbeitsform der Gruppenarbeit positiv bewertet.
Die Schüler mit fachlich nicht anerkannter Antwort stimmen am Ende alle Antwort A zu, jedoch erreichen C120 und C128 hier nur das Stützungslevel null, C129 erreicht das Stützungslevel 4. Letzterer ist der einzige, der sich am Ende der Antwort sicher ist.
Der Vergleich der Gruppen weist darauf hin, dass trotz geringerer Motivation der Gruppe die fachlich anerkannte Antwort erarbeitet werden kann. Ein Unterschied wird im Stützungslevel deutlich, das in unmotivierten Gruppen geringer ist als in motivierten. Unmotivierte Gruppe scheinen somit eine geringere Konzeptentwicklung zu erreichen als motivierte. Eine Besonderheit zeigte sich in der sprachlichen Beteiligung: Die Vermutung, dass sich motivierte Schüler stärker beteiligen als unmotivierte, wurde nicht bestätigt. Statt dessen scheint die sprachliche Beteiligung und damit unter Umständen auch das Stützungslevel von der Misserfolgsbefürchtung abzuhängen: Während Schüler mit hoher Misserfolgsbefürchtung trotz hoher Motivation wenig beteiligt sind, scheint eine niedrige Misserfolgsbefürchtung trotz geringer Motivation zu stärkerer Beteiligung zu führen. Dies zeigt die Wichtigkeit dieses Faktors auf den Lernerfolg der Schüler. Ob die Selbsteinschätzung der Schüler in Bezug auf ihre Misserfolgsbefürchtung und die fachliche Kompetenz adäquat ist oder ob sie trotz eigentlicher fachlicher Kompetenz gerade aufgrund des Selbstbildes weniger erfolgreich lernen, bleibt an dieser Stelle ungeklärt.

ZKM-1.2 Verzeichnen Schüler in interessierten Gruppen eher eine Konzeptentwicklung als Schüler nicht bzw. durchschnittlich interessierter Gruppen?

Genau wie Schüler mit sehr guter Chemienote nicht unbedingt die fachlich anerkannte Antwort auswählen, kreuzen auch nicht alle interessierten Schüler diese an: Fünf von elf interessierten Schülern entschieden sich für Antwort A. In Schl3, der einzigen Gruppe, die nicht zur anerkannten Lösung gelangt, sind zwei interessierte und zwei wenig interessierte Schüler vertreten. Aus reinem Interesse kann entsprechend nicht auf den Erfolg einer Konzeptentwicklung geschlossen werden.

Vergleich der Gruppen KLS5 und Schl2/LFS1

Eine vergleichsweise interessierte Gruppe ist KLS5 mit drei interessierten und einem durchschnittlich interessierten Schüler. Als anderes Extrem gelten Schl2 sowie LFS1. Alle Gruppen gelangen zur anerkannten Antwort.
In KLS5 sind es OC61 und IL45 mit nicht anerkannter Antwort; sie erreichen bei durchschnittlichem bzw. hohem Interesse nur das Stützungslevel null. Dabei zeigen sich aber beide Schüler von Antwort A überzeugt. Sie scheinen eine Konzeptentwicklung zu ver-

zeichnen, bei der die Antwort jedoch nur wenig gestützt wird. EE70 und EA35 sind beide interessierte Schüler, die die fachlich anerkannte bereits zu Beginn angekreuzt haben.
Als anderes Extrem gelten Schl2 mit drei nicht interessierten und einem interessierten Schüler sowie LFS1 mit zwei nicht interessierten und zwei durchschnittlich interessierten Schülern. Schl2 ist bereits als Extremgruppe in Bezug auf die Motivation diskutiert: Hervorzuheben ist auch hier Schüler C104, der trotz anerkannter Antwort ein geringes Interesse an der Aufgabe zeigt. Während des Videos sowie in der Reflexion wird dieses fehlende Interesse nicht deutlich: Er erklärt und diskutiert viel und äußert im Reflexionsbogen, dass ihm besonders die Form des Arbeitens in Kleingruppen gefallen habe (Anhang Tab. XX). Möglicherweise bezieht sich das fehlende Interesse auf die Thematik der Multiple-Choice-Aufgabe, die er als wenig herausfordernd und damit evtl. uninteressant ansah. Schüler C120 wird als durchschnittlich interessiert eingestuft. Dies zeigt sich auch während des Videos, in dem er sich zwar vergleichsweise wenig beteiligt, jedoch an der Anerkanntheit seiner Antwort bis zum Ende interessiert zu sein scheint. Er erreicht lediglich das Stützungslevel null. Ebenfalls wenig interessiert sowie mit Stützungslevel null zeigt sich Schüler C128. Lediglich C129, der ebenfalls uninteressiert ist, wurde auf Stützungslevel vier kategorisiert.
LFS1 gilt ebenfalls als wenig interessierte Gruppe mit zwei durchschnittlich und zwei wenig interessierten Schülern. Sie wurde ebenfalls bereits als Extremgruppe in Bezug auf die Motivation diskutiert. Die Besonderheit hier ist, dass die Schüler LH14 und EN12, die geringes Interesse zeigen, zu Beginn die fachlich anerkannte Antwort wählten, während EE28 und AS57, die durchschnittliches Interesse zeigen, sich zu Beginn für eine fachlich nicht anerkannte Antwort entschieden. Die Angaben von LH14 sind jedoch aufgrund diskrepanter Informationen nur bedingt aussagekräftig. Die durchschnittlich interessierten Schüler EE28 und AS57 gelangen zur anerkannten Antwort und erreichen das Stützungslevel 4, sodass hier von einer starken Konzeptentwicklung gesprochen werden kann.
Die Daten deuten insgesamt darauf hin, dass aus dem Interesse in diesem Fall keine Aussage über eine Konzeptentwicklung getätigt werden kann. KLS5 als interessierte Gruppe schneidet im Vergleich zu den beiden anderen Extremgruppen in der Konzeptentwicklung am schlechtesten ab.
Betrachtet man die Schüler von ihren anfänglichen Antworten aus, so sind sechs von 14 Schüler mit anerkannter Antwort zu Beginn wenig, drei durchschnittlich interessiert. Dies ist ein relativ hoher Anteil, bedenkt man, dass gerade bei fachlich guten Schülern von einem gewissen Interesse am Fach ausgegangen werden kann. Anhand der Videos sowie der Reflexionsbögen wird jedoch deutlich, dass auch wenig interessierte Schüler aktiv an der Diskussion teilnehmen sowie gerade die Kleingruppenarbeiten in der Reflexion besonders positiv hervorheben (vgl. Anhang, Tab. XX).

ZKM-1.3 Verzeichnen Schüler, die die Aufgabe als Herausforderung auf mittlerem Niveau einschätzen, eher eine Konzeptentwicklung als Schüler, die sie als hohe oder geringe Herausforderung einschätzen?

Der Theorie nach kann sowohl eine zu hohe als auch eine zu geringe Herausforderung zu einem geringeren Lernerfolg führen. Somit wäre die Schlussfolgerung, dass gerade Schüler, die sich durchschnittlich herausgefordert fühlen, eine starke Konzeptentwicklung erleben. Zehn der durchschnittlich herausgeforderten Schüler entschieden sich zu Beginn für eine nicht anerkannte Antwort, drei für die anerkannte. Sechs Schüler mit anerkannter Antwort zu Beginn fühlten sich wenig herausgefordert von der Aufgabe, drei durchschnittlich und fünf fühlten sich herausgefordert; rein aus der Wahl der Antwort lässt sich entsprechend nicht auf die gefühlte Herausforderung schließen.

Betrachtet man das Stützungslevel (vgl. Tab. 28, S. 149) in Abhängigkeit von der Herausforderung (stark oder schwach), so wird deutlich, dass über geringe, durchschnittliche und hohe Herausforderung hinweg Stützungslevel jeweils different vertreten sind (Tab. 85)

Tab. 85: Herausforderung und Stützungslevel

Stützungslevel	Herausforderung: gering	Herausforderung: durchschnittlich	Herausforderung: hoch
0	2	3	2
1		2	
2			1
3			2
4	5	3	1

Hervorzuheben ist hier das Stützungslevel 4 bei Schülern, die sich wenig herausgefordert gefühlt haben: Mit fünf Kodierungen stellt es die häufigste Kategorie dar. Dahingegen ist das Stützungslevel bei durchschnittlicher Herausforderung drei Mal und hoher Herausforderung ein Mal kodiert. Auch wenn über diese Werte kein Anspruch auf Repräsentativität erhoben wird, zeigen sie zumindest, dass auch gering herausgeforderte eine starke Konzeptentwicklung verzeichnen können.

Vergleich der Gruppen Schl2/KLS5 und LFS2/LFS3/KLS3

Eine Gruppe mit drei durchschnittlich herausgeforderten Schülern und einem stark herausgeforderten Schüler ist KLS5. Der These nach müsste diese eine hohe Konzeptentwicklung verzeichnen. Von dieser Gruppe haben sich jedoch zwei der drei durchschnittlich herausgefordert fühlenden Schüler bereits zu Beginn für die anerkannte Antwort entschieden. Daher wird eine zweite Gruppe gewählt: Schl2 hat zwar nur zwei Vertreter, die sich durch die Aufgabe durchschnittlich herausgefordert fühlen, diese zwei Schüler

haben jedoch zu Beginn eine nicht anerkannte Antwort gewählt. Als anderes Extrem gelten LFS2, LFS3 und KLS3, in denen kein Schüler mit gefühlter durchschnittlicher Herausforderung vorhanden ist. Diese müssten der These nach geringere Konzeptentwicklungen aufweisen.
Die zwei Schüler von KLS5, die anfangs eine nicht anerkannte Antwort wählten, gelangen zwar zur anerkannten Antwort, jedoch beide mit Stützungslevel null. In Schl2 gelangen beide Schüler mit fachlich nicht anerkannter Antwort zur anerkannten und erreichen dabei Stützungslevel null bzw. vier. In LFS2 und LFS3 fühlt sich jeweils ein Schüler mit nicht anerkannter Antwort wenig, ein anderer stark herausgefordert. Beide gefühlt wenig herausgeforderten erreichen das Stützungslevel null, die stark herausgeforderten das Level zwei bzw. vier. Eine Besonderheit ist Gruppe KLS3, in der sich die zwei Schüler mit anerkannter Antwort stark, die beiden mit nicht anerkannter Antwort wenig herausgefordert fühlen. Beide Schüler mit nicht anerkannter Antwort gelangen zum Stützungslevel 4.
Zusammenfassend gilt die Gruppe KLS5 als durchschnittlich herausgeforderte mit geringer Konzeptentwicklung, Schl2 als durchschnittlich herausgeforderte mit differenter Konzeptentwicklung. Ebenfalls differente Konzeptentwicklungen und gefühlte Herausforderungen liegen bei LFS2 und LFS3 vor; bei KLS3 liegt bei geringer Herausforderung eine hohe Konzeptentwicklung vor. Entsprechend wird die These weder über die Extremgruppen noch über den Vergleich der einzelnen Schüler bestätigt. Statt dessen wird ein sehr differentes Bild ohne klar erkennbares Muster deutlich. In der Tendenz gelangen die Schüler, die die Aufgabe als geringe Herausforderung ansehen zu einer stärkeren Konzeptentwicklung als Schüler, die sie durchschnittlich oder stark herausfordernd empfinden.

6.5.8 Fazit zu „Konzeptentwicklung und Motivation“

Die im theoretischen Vorhersagesystem formulierte Proposition lautet, dass der Erfolg einer Konzeptentwicklung abhängig von der Motivation sowie dass eine hohe Motivation eine Bedingung für eine starke Konzeptentwicklung ist. Die Ergebnisse diesbezüglich werden im Folgenden fokussiert dargestellt.
Auch wenig motivierten Gruppen gelingt es, die fachlich anerkannte Antwort zu erarbeiten. Ein Unterschied wird jedoch im Stützungslevel deutlich: Während höher motivierte Gruppen ein höheres Stützungslevel und damit auch eine stärkere Konzeptentwicklung verzeichnen, liegt dieses bei Gruppen geringerer Motivation auf einem niedrigerem Level. Eine Besonderheit ist die Tatsache, dass sich unmotivierte Schüler nicht unbedingt wenig und motivierte Schüler nicht viel am Gespräch beteiligen. Eher scheint es so zu sein, dass die Beteiligung von der individuellen Misserfolgsbefürchtung abhängt. Eine geringere Beteiligung kann als ein möglicher Faktor für eine geringere Konzeptentwicklung gesehen werden.

Die These, dass interessierte Schüler eher eine Konzeptentwicklung erleben als weniger interessierte, wurde nicht bestätigt. Ausgehend vom Interesse ist keine Aussage über die Stärke einer Konzeptentwicklung möglich.
Die These in Bezug auf die Herausforderung lautete, dass Schüler, die sich auf mittlerem Niveau herausgefordert fühlen, eine starke Konzeptentwicklung verzeichnen. Auch diese These kann nicht bestätigt werden; statt dessen bietet sich ein differentes Bild in Bezug auf gefühlter Herausforderung und Konzeptentwicklung. In der Tendenz zeigt sich in der Betrachtung der einzelnen Schüler, dass eher die Schüler mit einer geringen gefühlten Herausforderung eine starke Konzeptentwicklung erleben.

6.5.9 Konzeptentwicklung und Schulnoten

ZKS-1 ***Schülern mit adäquatem Vorwissen gelingt es eher, ihre Konzepte zu überprüfen und zu verändern, als Schülern mit weniger adäquatem Vorwissen***

ZKS-1.1 **i) Ist ein Zusammenhang von Chemienote und Konzeptentwicklung zu erkennen?**
ii) Ist ein Zusammenhang von Deutschnote und Konzeptentwicklung zu erkennen?

Schülern mit adäquatem Vorwissen im Fach Chemie gelingt es eher, Thesen zu generieren und diese zu überprüfen (Jenaro, Ceberio & Zubimendi 2006). Entsprechend dieser Erkenntnis wurde die These formuliert, dass es Schülern mit (sehr) guter Chemienote eher gelingt, eine Konzeptentwicklung zu erleben. Die zweite Frage greift die Deutschnote auf und vergleicht in Bezug auf die beiden Schulnoten gute und weniger gute Gruppen. Eine These ist hier, dass Schüler mit (sehr) guter Deutschnote angemessenere Stützen und somit weniger Zirkelschlüsse nennen. In Tabelle 86 sind die jeweiligen individuellen Noten sowie ihr Durchschnittswert dargestellt.

Tab. 86: Chemie- und Deutschnote

Gruppe	Schüler	Chemienote	Werte/Gruppe	Deutschnote	Werte/Gruppe
Schl1	C105	1	2,25 heterogen	2	2,75 heterogen
	C115	2		2	
	C106	3		3	
	C112	3		4	
Schl2	C120	3	2,5 heterogen	3	3 heterogen
	C104	2		4	
	C128	3		3	
	C129	2		2	

Gruppe	Schüler	Chemienote	Werte/Gruppe	Deutschnote	Werte/Gruppe
Schl3	C107	2	2,25 homogen	2	3 heterogen
	C123	2		2	
	C113	3		3	
	C121	2		1	
Schl4	C119	2	2,25 homogen	3	3 homogen
	C126	2		3	
	C127	2		3	
	C132	3		3	
LFS1	LH14	1	2,25 heterogen	2	2,25 homogen
	EN12	2		2	
	EE28	2		2	
	AS57	4		3	
LFS2	NH77	1	1,75 heterogen	3	1,75 heterogen
	HY42	1		1	
	AE31	1		1	
	DE12	4		2	
LFS3	UT31	3	2,5 heterogen	3	2,25 homogen
	IM59	2		2	
	EB98	2		2	
	AR09	3		2	
LFS4	EN40		2,66 heterogen		3 (homogen)
	EK91	4		3	
	OL53	2		3	
	RV98	2		3	
KLS3	HE61	1	1,5 heterogen	3	2,5 heterogen
	AL61	1		2	
	IM23	2		2	
	AR12	2		3	
KLS5	CC61	2	2 homogen	3	3,25 homogen
	EE70	2		4	
	EA35	2		3	
	IL45	2		3	

Vergleich der Gruppen KLS3/LFS2 und Schl2/LFS3

Gruppen mit durchschnittlich (sehr) guter Chemienote sind LFS2 und KLS3 mit durchschnittlich 1,75 bzw. 1,5. Hervorzuheben ist hier, dass bei LFS2 drei Mal eine eins und ein Mal eine vier vorliegt, sodass die Spanne größer ist als bei KLS3 mit zwei Mal eins und zwei Mal zwei. Auf der anderen Seite stehen LFS3 und Schl2, die mit jeweils 2,5 die schlechtesten Durchschnittsnoten hatten.

Wie bereits beschrieben, erreicht KLS3 mit zwei Mal Stützungslevel vier eine hohe Konzeptentwicklung. LFS2 zeigt mit Stützungslevel null und vier ein differenteres Bild, jedoch kann auch hier von einer Konzeptentwicklung gesprochen werden. Der Schüler DE12 aus LFS2 hat eine vier als Chemienote erhalten und ist derjenige, der das Stützungslevel null erreicht. Diese beiden Gruppen scheinen die These zu bestätigen.

Auf der anderen Seite sind Schl2 und LFS3 mit jeweils der Durchschnittsnote von 2,5, die sich in beiden Gruppen aus den Noten zwei Mal zwei und zwei Mal drei zusammensetzt. In Schl3 mit drei nicht anerkannten Antworten zu Beginn werden am Ende die Stützungslevel null, null und vier erreicht, wobei die beiden Schüler mit dem Level null die befriedigende Chemienote aufweisen. In LFS3 haben UT31 und EB98 zu Beginn eine nicht anerkannte Antwort; am Ende gelangt UT31 mit einer befriedigenden Chemienote zu Stützungslevel null, während EB98 mit einer guten Chemienote das Stützungslevel zwei erreicht.

Insgesamt wird die These über die vier Extremgruppen bestätigt: Schüler mit einem adäquaten Vorwissen, welches an der Chemienote festgemacht wurde, erreichen einen stärkeren Konzeptwechsel als Schüler mit weniger adäquatem Vorwissen.

zu **ii) Ist ein Zusammenhang von Deutschnote und Konzeptentwicklung zu erkennen?**

Als Extremgruppen gelten hier einerseits LFS2 mit jeweils 1,75 sowie andererseits Schl2 mit 2,5 bzw. 3 als Durchschnittsnote. Da diese Note bereits in Subfrage i) bearbeitet wurde, sei an dieser Stelle darauf verwiesen. Die Gruppe LFS2 weist einen relativ hohen Anteil an Stützen sowie einen geringen Anteil an Zirkelschlüssen auf, Schl2 dagegen einen relativ hohen Anteil an Zirkelschlüssen und einen relativ geringen Anteil an Stützen.

Als Extremgruppe in Bezug auf die durchschnittliche Deutschnote gilt weiterhin KLS5 mit 3,25. In Bezug auf die Chemienote weist sie eine homogene, gute Zusammensetzung auf. Diese Gruppe weist eine relativ hohe Anzahl an Zirkelschlüssen und einen geringen Anteil an anerkannten oder nicht anerkannten Stützen auf und stützt mit 44 % weit unterdurchschnittlich viele zu stützende Behauptungen. Insgesamt ist über die Deutschnote sowie damit einhergehend der Anzahl und Art der Stützen zu vermuten, dass auch diese Faktoren dafür verantwortlich sind, dass eine Konzeptentwicklung in vergleichsweise geringem Maße einsetzt. Diese These wird besonders durch die Gruppe KLS5 gestützt, die trotz homogen guter Chemienoten lediglich eine geringe Konzeptentwicklung aufweist.

6.5.10 Fazit zu „Konzeptentwicklung und Schulnoten“

Insgesamt gibt es auf Basis der vorliegenden Daten Hinweise, dass es einen Zusammenhang von Konzeptentwicklung und Schulnoten gibt, wobei sich dies sowohl auf die Deutsch- als auch die Chemienote bezieht.

Für den Vergleich über die Chemienote wurden vier Extremgruppen ausgewählt und gegenübergestellt. Dabei zeigte sich, dass Schüler mit besserer Chemienote einen stärkeren Konzeptwechsel erreichen als Schüler mit weniger guter Chemienote.

Die Chemienote scheint jedoch kein ausschließlicher Faktor für eine hohe/weniger hohe Konzeptentwicklung zu sein, wie der Vergleich von Deutschnote und Konzeptentwicklung zeigt: Gruppen mit weniger guter Deutschnote und damit einhergehend mit geringerer Anzahl an Stützen sowie weniger guter Realisierung derer zeigen eine geringere Konzeptentwicklung.

Eine Gruppe, die bei guten Chemie- sowie weniger guten Deutschnoten eine geringe Konzeptentwicklung aufweist, kann als Indiz dafür gelten, dass eine gute Chemienote allein keinen ausreichenden Indikator für eine Konzeptentwicklung darstellt.

6.5.11 Konzeptentwicklung und kognitive Fähigkeiten

ZKkF-1 Kognitiv leistungsfähige Schüler verändern ihre Konzepte stärker als kognitiv weniger leistungsfähige Schüler.

ZKkF-1.1i) Ist ein Zusammenhang von non-verbaler Fähigkeit und Konzeptentwicklung zu erkennen?

ii) Ist ein Zusammenhang von verbaler Fähigkeit und Konzeptentwicklung zu erkennen?

Die These lautet, dass kognitiv leistungsfähige Schüler eher eine Konzeptentwicklung erleben als weniger leistungsfähige. Dabei gelten sowohl non-verbale als auch verbale Fähigkeiten als Faktor, da für die Bearbeitung der Aufgabe sowohl non-verbale als auch sprachliche Fähigkeiten benötigt werden. Tabelle 87 zeigt die individuellen sowie gruppenspezifischen Daten.

Tab. 87: Kognitive Fähigkeiten (verbal und non-verbal)

Gruppe	Schüler	V2	Werte/Gruppe	N2	Werte/Gruppe
Sch1	C105	-	(-)	-	o
	C115				
	C106	-	(homogen)	o	heterogen
	C112	-		+	

Gruppe	Schüler	V2	Werte/Gruppe	N2	Werte/Gruppe
Sch2	C120	-	-o heterogen	-	-o heterogen
	C104	o		+	
	C128	-		-	
	C129	o		o	
Sch3	C107	o	-o heterogen	+	o heterogen
	C123	-		o	
	C113	-		o	
	C121	+		-	
Sch4	C119	-	-o heterogen	-	-o heterogen
	C126	-		o	
	C127	o		-	
	C132	o		(o)	
LFS1	LH14	+	+ homogen	o	o+ heterogen
	EN12	o		+	
	EE28	+		+	
	AS57	+		o	
LFS2	NH77	-	o+ heterogen	+	o+ heterogen
	HY42	+		o	
	AE31	+		+	
	DE12	+		-	
LFS3	UT31	o	o heterogen	o	o+ heterogen
	IM59	-		+	
	EB98	o		-	
	AR09	+		+	
LFS4	EN40	o	-o heterogen	o	- homogen
	EK91	-		-	
	OL53	o		-	
	RV98	-		-	
KLS3	HE61	+	+ homogen	o	o+ homogen
	AL61	+		+	
	IM23	+		o	
	AR12	+		o	

Gruppe	Schüler	V2	Werte/Gruppe	N2	Werte/Gruppe
KLS5	CC61	o	o+	+	o+
	EE70	o		o	
	EA35	+	homogen	+	heterogen
	IL45	o		o	

Legende:
V2=Subskala zwei des verbalen Testteils
N2=Subskala zwei des nonverbalen Testteils

Hinweise:
Schüler C115 war während des Tests nicht anwesend.
Schüler C132 hat in der Subskala N2 eine dritte Seite des Tests übersehen.
Nicht eindeutige Charakterisierungen werden in Klammern gesetzt. Da die Bewertung für C132 durchschnittlich oder hoch wäre, ist die Gesamtwertung in jedem Fall -o und die Zusammensetzung heterogen.

Vergleich der Gruppen KLS3/LFS1 und Schl1

In Bezug auf non-verbale Fähigkeiten ist besonders Gruppe KLS3 hervorzuheben, die aus vier leistungsfähigen Schüler besteht. Ebenfalls diesem Extrem zuzuordnen ist die Gruppe LFS1 mit drei leistungsfähigen Schülern und einem durchschnittlich leistungsfähigen. Diese Gruppen sind auch die der größten Konzeptentwicklung mit jeweils zwei Schülern mit anfangs nicht anerkannter Antwort und am Ende mit dem Stützungslevel 4. Bei LFS2 wählte der durchschnittlich leistungsfähige Schüler bereits zu Beginn die Antwort A.
Als anderes Extrem gilt die Gruppe Schl1 mit drei wenig leistungsfähigen Schülern; der vierte war während des Tests nicht anwesend. Schl1 hat die Besonderheit, keinen Vertreter der fachlich anerkannten Antwort A in ihrer Gruppe zu haben, wobei Schüler C112 zwar Antwort B wählte, aber relativ früh für Antwort A argumentiert. Es gelingt der Gruppe, die fachlich anerkannte Antwort zu erarbeiten; dabei erreichen sie die Stützungslevel zwei Mal eins und zwei Mal drei. Betrachtet man aufgrund der Besonderheit von Schl1 ebenfalls relativ wenig leistungsfähige Gruppen wie Schl2, Schl4 oder LFS4, so zeigen auch diese zwar Schüler mit erfolgreichen Konzeptentwicklungen, jedoch nicht in dem Maße, wie es bei KLS3 und LFS1 zu erkennen ist.

zu ii) Ist ein Zusammenhang von verbaler Fähigkeit und Konzeptentwicklung zu erkennen?

Vergleich der Gruppen LFS1/KLS5 und LFS4

Die Gruppen LFS1 und KLS5 zeigen hohe Werte in Bezug auf den verbalen Teil der kognitiven Fähigkeitstests, wobei sich beide Gruppen aus zwei leistungsfähigen und zwei durchschnittlich leistungsfähigen Schülern zusammensetzt. Die Vermutung ist, dass diese leistungsfähigen Schüler eine stärkere Konzeptentwicklung erleben. Die Ergebnisse zei-

gen bereits bei diesen beiden Gruppen ein diskrepantes Ergebnis: Während LFS1 zu den Gruppen mit der stärksten Konzeptentwicklung gehört, zählt KLS5 zu denen der geringsten Konzeptentwicklung. Zwar wird hier die anerkannte Antwort erarbeitet, jedoch wird lediglich das Stützungslevel null erreicht.
Als anderes Extrem gilt LFS4 mit vergleichsweise geringen verbalen Fähigkeiten. Bei dieser Gruppe verzeichnen zwei Schüler eine Konzeptentwicklung hin zur anerkannten Antwort. RV98 erreicht das Stützungslevel vier, während EK91 - auch aufgrund fehlender Beteiligung - lediglich das Level null erreicht. Insgesamt kann hier kein Zusammenhang aus verbalen Fähigkeiten und Konzeptentwicklung festgestellt werden.

6.5.12 Fazit zu „Konzeptentwicklung und kognitive Fähigkeiten“

Die Proposition lautet, dass kognitiv leistungsfähige Schüler ihre Konzepte stärker verändern als kognitiv weniger leistungsfähige. Dabei wurden die Ergebnisse der zwei Subskalen des KFT (verbal und nonverbal) unterschieden.
Die Schlussfolgerungen der non-verbalen Daten ist dahingehend eingeschränkt zu betrachten, dass die Extremgruppe mit weniger leistungsfähigen Schülern keinen Vertreter der richtigen Antwort besitzt, sodass eine geringere Konzeptentwicklung, die zu verzeichnen ist, auch auf diesen Faktor zurückgeführt werden könnte. Daher wurden zwei weitere Gruppen betrachtet, die jedoch nicht in dem Maße als Extremgruppen gelten können. Diese Besonderheit beachtend, wird die Proposition in Hinblick auf non-verbale Fähigkeiten gestützt.
In Bezug auf die verbalen Fähigkeiten zeigen sich diskrepante Ergebnisse, sodass weder These noch Gegenthese gestärkt werden können, und sich in dieser Stelle kein Zusammenhang darstellt.

6.6 Zur Güte der Ergebnisse

Nachdem in Kapitel 5.4 die Güte der Daten sowie des Design diskutiert wurden, sei an dieser Stelle die Güte der Ergebnisse diskutiert. Auch hier gelten die Kriterien der Konstruktvalidität, internen und externen Validität sowie der Reliabilität.
Die *Konstruktvalidität* beschreibt die Passung der Methoden in Bezug auf die Fragestellung; diese wurde in Kapitel 5.4 bereits als positiv bewertet. In Bezug auf die Ergebnisse beschreibt sie weiterhin die Gültigkeit der Kategorien sowie deren Anwendung. Einer Subjektivität der Kategorien sowie der entsprechenden Kodierungen wurde in erster Linie über deren Entwicklung auf Basis bestehender Forschungsergebnisse entgegengewirkt. Erst nach deduktiv entwickelten Kategorien wurde im zweiten Schritt ein induktives Verfahren angewendet und die Kategorien entsprechend verändert. Somit stellt es ein systematisches und auf bestehenden Erkenntnissen basierendes Vorgehen dar. Die Analy-

se der Daten erfolgt kleinschrittig anhand von Subfragen, über die eine aus der Literatur abgeleitete Vorhersage überprüft werden soll. Somit ist die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse sowie entsprechender Schlussfolgerungen gewährleistet. Die von Yin angesprochenen Taktiken der Evidenzen aus verschiedenen Quellen, der Kette der Evidenzen sowie dem Gegenlesenlassen der Studie wird - wie in Kapitel 5.4 beschrieben - zumeist gefolgt.

Die *interne Validität* spricht die Gültigkeit kausaler Beziehungen und damit der Schlussfolgerungen an, die in einer Studie entwickelt werden. Yin (2009) nennt hier Methoden wie das pattern matching oder das explanation building als adäquate Vorgehensweisen. Für dieses Vorgehen spielen im deskriptiven Teil die Darstellung eines idealen Lernweges sowie im explanativen Teil die Thesen in Form des Vorhersagensystems eine zentrale Rolle: Beide sind das Referenzsystem, auf das die aus den Daten gewonnenen Muster und Erkenntnisse bezogen werden. Somit wird ein nachvollziehbares und systematisches Vorgehen gewährleistet. In der vorliegenden Studie stellen die theoretischen Vorhersagen teilweise Konstrukte dar, die nicht über einen einzelnen Faktor bestimmt werden. Daher wurden Subfragen formuliert, über die die entsprechenden Muster verglichen und eine abschließende Bewertung vorgenommen werden konnten. Sowohl Thesen als auch Subfragen basieren auf bestehenden Erkenntnissen aus der Literatur.

Die *externe Validität* beschreibt den Grad möglicher Generalisierbarkeit über die Grenzen des Falls hinaus. Dabei wird keine statistische Generalisierbarkeit angestrebt, sondern eine analytische: Im deskriptiven Teil der Arbeit wurde anhand eines strukturierten Vorgehens gearbeitet, welches sich durch zahlreiche Subfragen sowie entsprechende Kodierleitfäden auszeichnet. Die erhaltenen Ergebnisse wurden dabei mit einer Idealvorstellung des Lernwegs verglichen. Die Methodik des explanativen Teils zeichnet sich durch den stetigen Abgleich der Ergebnisse mit dem theoretischen Vorhersagesystem aus. Werden die Ergebnisse durch den Vergleich bestätigt, so ist eine Verallgemeinerung - auch über die Grenzen des Falls hinaus - wahrscheinlich. Im Sinne der Replikationslogik werden häufig bestätigte Thesen entsprechend gestärkt. Zu diesen gestärkten Propositionen zählen beispielsweise die Initiierung tief gehender Diskussionen über anormale Daten - auch wenn diese nicht unbedingt in einer Konzeptentwicklung endet -, die interpretativen Gespräche in Gruppen hoher Konzeptentwicklung, sowie eine hohe Konzeptentwicklung bei Schülern guter Chemienote.

Die Replikationslogik spielt ebenfalls bei Erkenntnissen eine Rolle, die nicht der bestehenden Forschungslage entsprechen bzw. zu der es keine Erkenntnisse gibt: In weiteren Studien müssen diese überprüft und entsprechend bestätigt oder eingeschränkt werden (Yin 2009). Zu den nur bedingt bestätigten Propositionen zählen beispielsweise jene der hohen Konzeptentwicklung bei motivierten Gruppen. Hier zeigt sich, dass auch bei weniger motivierten Gruppen eine Konzeptentwicklung initiiert werden kann, diese jedoch ein geringeres Stützungslevel erreichen. Anhand der Daten wird vermutet, dass eher als die

aktuelle Motivation die Misserfolgsbefürchtung ein Einflussfaktor auf eine Konzeptentwicklung zu sein scheint. Nicht bestätigt wurden beispielsweise die Vorhersagen der hohen Konzeptentwicklung bei kollaborativ arbeitenden Gruppen, bei Gruppen mit problemzentrierten Gesprächen sowie bei Schülern mit hohem Interesse.

Die Zuverlässigkeit der Studie wird über die *Reliabilität* beschrieben: Ideal reliabel ist eine Studie, wenn ein anderer Forscher bei wiederholter Durchführung der Studie die gleichen Ergebnisse erhalten würde. Die Basis für die Fragestellung sowie das Design wurden über Theorie- und Methodenteil gelegt und dargestellt. Sie entsprechen in aufgearbeiteter Weise dem von Yin (2009) geforderten Fallstudienprotokoll. Letzteres wurde - eher im Sinne einer Dokumentation inkl. Fragen und Aufgaben - von der Autorin erstellt, jedoch nicht in diesem Sinne in die Arbeit übernommen. Wie bereits bei der Diskussion von Daten und Design beschrieben, wurden 19 Kodierleitfäden (Tab. 28, 29, III bis XIV) erarbeitet, um eine Nachvollziehbarkeit und damit auch eine Wiederholbarkeit der Studie zu gewährleisten. Alle Kategoriesysteme und Kodierleitfäden wurden von mindestens zwei Forschern unabhängig voneinander entwickelt und im Folgenden unter stetiger Rücksprache und Diskussion angepasst. Die Aufbereitung der Daten über die Kodierleitfäden in Tabelle II bis VI (Definition der Analyseeinheiten (Tab. II); Off-Topic, Aufgabe, Inhalt (Tab. III); Kodiersysteme zur Analyse der Konzeptentwicklung (Tab. IV); Kodiersystem zur Kennzeichnung_Aussprache andere Antwort (Tab. V); Kennzeichnung der Konzeptentwicklung (Tab. VI)) mit dem Ziel der Erstellung der Kodiersysteme erfolgte in Gänze parallel von Autorin und studentischer Hilfskraft, um eine reliable Grundlage aufbereiteter Daten für die weitere Analyse zu gewährleisten. Die Daten wurden dabei jeweils gegenseitig oder durch eine dritte Person überprüft und diskrepante Kodierungen diskutiert.

Ebenfalls in Gänze doppelt kodiert und verglichen wurden die Daten in Bezug auf die Kodierleitfäden zu NOS (Tab. XVIII und Tab. XIX).

Die Anwendung der Kodierleitfäden VIII bis XVII (Beschreibung der Intentionalität der Aussagen (Tab. VIII); Sichere Antwort am Ende (Tab. IX); Fachliche Anerkanntheit der Antwort am Ende (Tab. X) sowie die Kodierleitfäden zur Gesprächsanalyse (Tab. XI - XVII)) erfolgten zu ca. 15 % von zwei unabhängigen Wissenschaftlern (Autorin und studentischer Hilfskraft); auch hier wurden diskrepante Ergebnisse unter Einbezug eines dritten Institutsmitglieds diskutiert.

In Bezug auf die Tests wurden zwei Items der FAMs verändert sowie der KFT nicht über einen zusätzlichen Bogen zum Ankreuzen der Antworten, sondern direktes Ankreuzen auf dem Aufgabenbogen realisiert. In Bezug auf den KFT ist somit ein Zeitgewinn für die Schüler wahrscheinlich. Da die KFT-Werte nur im Sinne einer internen Charakterisierung gedacht und nicht zum Zweck eines Vergleichs mit anderen Schülern, die nicht an der Studie teilgenommen haben, verwendet wurden, gilt diese Veränderung als gerechtfertigt. Die zwei Items des FAM wurden nicht im statistischen Sinne validiert, sondern über Dis-

kussion mit Institutsmitgliedern sowie zwei Wissenschaftlern eines anderen naturwissenschaftsdidaktischen Instituts erstellt. Dieses Vorgehen entspricht in Ansätzen einer Expertenvalidierung, die jedoch im Einzelnen in der vorliegenden Arbeit nicht aufgeführt wurde.

7 Ergebnisse und Diskussion der Ergänzungsstudie

Die Ergänzungsstudie wurde im Laufe der Hauptstudie entwickelt und durchgeführt. Da die Datenerhebung der Thematik des Verdampfens zum Zeitpunkt der Erhebung von Aspekten zu NOS bereits abgeschlossen war, werden an dieser Stelle Ergebnisse vorgestellt, die im Rahmen der fachlichen Thematik *Lösen von Decan in Cyclodecan* erhoben wurden. Das Prinzip der Konzeption, über Lernimpulse Auswahlantworten ausschließen zu können, ist auch in dieser Thematik gegeben.

7.1 Schülervorstellungen zu NOS

Bevor die durch die Konzeption möglichen Veränderungen beschrieben werden, werden im Folgenden die anfänglich präsenten Konzepte untersucht.

7.1.1 Zu Beginn bestehende Schülervorstellungen zu NOS

KN-1 Schüler besitzen verschiedene Vorstellungen über NOS

KN-1.1 Welche Vorstellungen über NOS bestehen im Prätest
i) zum Erkenntnisweg in den Naturwissenschaften (Frage 1)?
ii) zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Frage 2)?

Der Prätest fand wenige Tage vor der eigentlichen Intervention im Zuge einer Einzelstunde statt, in der das Projekt erklärt sowie der kognitive Fähigkeitstest geschrieben wurde. Er bestand aus zwei offenen Fragen:

1. Wie gelangt man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen?
2. Kann man in den Naturwissenschaften Erkenntnisse beweisen? Wenn ja, wie? Wenn nein, wieso nicht?

Für die Analyse der Antworten wurde ein anfangs deduktiv erstelltes Kategoriesystem sowie ein entsprechender Kodierleitfaden (Anhang, Tab. XIX) induktiv verändert und auf alle Schüler angewendet. Tabelle 88 zeigt die jeweiligen Kodierungen für die Schüler, Tabelle 89 die Häufigkeiten, mit der eine Kategorie realisiert wurde.

Tab. 88: Schülervorstellungen zu Erkenntniswegen (Prätest)

Schüler	Kategorien				
AA02	Forschung	Falsifikation	Thesen	Verifikation	
AI17	Experimente	Ausschlussverfahren			
AK51	Experimente	Forschung	Rationale Aspekte		
AL03	Experimente	Forschung			
AO05	Experimente	Forschung			
AS01	Experimente	Rationale Aspekte			
AS34	Experimente	Falsifikation	Thesen	Verifikation	
AT42	Experimente				
AY02	Experimente	Theorie			
EC06	Experimente	Forschung			
EE06	Experimente	Soziale Aspekte			
EH91	Ausschlussverfahren	Forschung	These		
ER85	Experimente	Fragen			
EV23	Falsifikation	Theorie			
FD02	Experimente	Thesen	Verifikation		
HH11	Experimente	Rationale Aspekte			
HH68	Experimente				
HI64	Experimente				
HO55	Experiment	Falsifikation	Frage	Verifikation	
HZ59	Experimente	Falsifikation	These	Verifikation	
IN94	Experimente	Forschung	These	Verifikation	
KM81	Rationale Aspekte				
LP09	Frage	These	Verifikation		
NL81	-				
OI71	Forschung				
OT51	Experimente	Rationale Aspekte	These		
OY71	-				
SI25	Experimente	Falsifikation	Theorie	Thesen	Verifikation
UI94	Forschung				

Legende:
*: Die Kodierung wurde unter Einbezug der Aussagen in der zweiten Frage erstellt.

Tab. 89: Anzahl der Kodierungen zu Erkenntniswegen (Prätest)

Kategorie	Anzahl
Experimente	19
Forschung	8
Verifikation	8
Falsifikation	6
These	5
Rationale Aspekte	5
Thesen	4
Frage/n	3
Experiment	2
Theorie	2
Ausschlussverfahren	2
Soziale Aspekte	1

Die Ergebnisse zeigen deutlich das stark differierende Bild der Schüler über das Wesen der Naturwissenschaften: Klar und prototypisch für den Erkenntnisgewinn scheint das Experiment zu sein, welches insgesamt 21 Mal genannt wurde; dabei fallen 19 Kodierungen auf die Kategorie Experimente - den Schülern scheint also deutlich zu sein, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse nicht nur auf einem, sondern auf mehreren Experimenten beruhen. Einige Schüler unterschieden hier zwischen mehreren *gleichen* Experimenten und referieren somit auf den Aspekt der Wiederholbarkeit, andere benennen die Notwendigkeit *verschiedener* Experimente, die auf die gleiche Erkenntnis deuten. Lediglich zwei Schüler nennen das Experiment in der Einzahl als Weg der Erkenntnisgewinnung; diese Antwort stellt eine fachlich nicht anerkannte Antwort dar, da *ein* Experiment als wenig valide gilt. Acht Schüler referieren allgemein auf die Forschung; diese Antwort gilt zwar als fachlich anerkannt, ist jedoch zu wenig differenziert, um über sie alleine eine Aussage über die Vorstellung des Schülers treffen zu können. Es folgen bereits jetzt die Kategorien Verifikation (8) und Falsifikation (6). Gerade die Kategorie Verifikation gilt als Indikator für eine nicht anerkannte Schülervorstellung. Das Konzept ist jenes, welches vielfach im Chemieunterricht vermittelt wird: Es wird eine These aufgestellt, diese wird durch ein Experiment überprüft, welches die These stärkt und als Bestätigung angesehen wird. Dieses Konzept wird jedoch nur von drei der acht Schüler vertreten, die die Verifikation nennen. Differenzierter sehen es die Schüler AA02, AS34, HO55, HZ59 und SI25, die sowohl Verifikation als auch Falsifikation nennen. Diese Schüler haben somit zumindest das Wissen, dass Experimente bestimmte Thesen auch widerlegen können. Diese Schüler nennen zudem den Aspekte der Thesen, die zuvor aufgestellt und durch ein Experiment überprüft werden. Insgesamt liegt hier zwar noch die Schülervorstellung der Veri-

fikation vor, jedoch nicht in dem Maße wie bei denjenigen, die lediglich die Verifikation als Weg der Erkenntnisgewinnung nennen. Nur der Schüler EV23 benennt die Falsifikation, ohne dabei auch Verifikation zu nennen; er scheint also das Prinzip des Ausschlussverfahrens dahingehend erkannt zu haben, dass Thesen nicht bewiesen, sondern lediglich ausgeschlossen werden können. Das Ausschlussverfahren selbst benennen EH91 und AI17. Diese insgesamt drei Schüler scheinen bereits ein differenziertes und fachlich vergleichsweise anerkanntes Bild zu Erkenntniswegen zu besitzen.
Bildet man entsprechend Gruppen rein auf der Basis der Kategorien Verifikation, Falsifikation und Ausschlussverfahren, so gelangt man zu vier Gruppen (Tab. 90):

Tab. 90: Kategorisierung nach Konzepten_Verifikation, Falsifikation (Prätest)

Kategorien	Schüler	Anzahl
andere Kodierung	AK51, AL03, AO05, AS01, AT42, AY02, EC06, EE06, ER85, HH11, HH68, HI64, KM81, OT51, OI71, UI94	16
Verifikation	FD02, LP09, IN94	3
Verifikation und Falsifikation	AA02, AS34, HO55, HZ59, SI25	5
Falsifikation/Ausschlussverfahren	AI17, EH91, EV23	3

Somit haben drei Schüler die fachlich anerkannte Sicht, dass man über Falsifikation/Ausschlussverfahren zu Erkenntnissen gelangt. Ebenfalls drei haben die Schülervorstellung, Thesen verifizieren zu können, 16 äußern sich dahingehend nicht. Neben den hervorgehobenen Schülern AA02, AS34, HO55, HZ59 und SI25 sowie besonders AI17, EH91 und EV23, bei denen von einer differenzierten Sicht auf NOS ausgegangen werden kann, sind AT42, HH68, HI64, KM81 und UI94 als anderes Extrem zu nennen, da sie jeweils nur einen Aspekt (Experimente, rationale Aspekte oder Forschung) äußern; dies dient als Hinweis, dass eine undifferenzierte Sicht auf das Thema NOS vorliegt.
Es gibt nicht *den* Weg der Erkenntnisgewinnung; Erkenntnisse werden auf unterschiedliche Weise gewonnen, auch über Faktoren wie den Zufall etc. Dennoch gilt das Aufstellen einer oder mehrerer Thesen als ein Aspekt, der häufig als Faktor benannt wird. Dieser wird von insgesamt neun Schülern geäußert, von denen fünf das Aufstellen mehrerer Thesen, vier das Aufstellen einer These nennen. Gerade für das Vorgehen im Erkenntnisprozess im Chemieunterricht ist das Aufstellen und Überprüfen von Thesen ein wichtiger Aspekt, sodass dieses Vorgehen bewusst auch auf den Erkenntnisprozess in den Naturwissenschaften übertragen werden sollte. Dabei sollte den Schülern bewusst sein, dass es konkurrierende und sich widersprechende Thesen geben kann, die auch in der naturwissenschaftlichen Forschung zeitlich parallel zueinander von verschiedenen Arbeitsgruppen/Wissenschaftlern vertreten werden können.

zu ii) Welche Vorstellungen über NOS bestehen im Prätest zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Frage 2)?

Für die Beantwortung der Frage wurde die zweite Frage des Tests analysiert. Diese lautet:

> 2. Kann man in den Naturwissenschaften Erkenntnisse beweisen? Wenn ja, wie? Wenn nein, wieso nicht?

Gerade über das im Chemieunterricht häufig verwendete Vorgehen der Verifikation einer These besteht die Vermutung, dass Schüler von einer Beweisbarkeit der Erkenntnisse über ein stützendes Experiment ausgehen. Kodiert wurden die Antworten nach den Kategorien *Ja*, *Eingeschränkt* und *Nein.* Tabelle 91 zeigt die Schüler sowie die entsprechende Anzahl der Kodierungen.

Tab. 91: Schülervorstellungen zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Prätest)

Kategorie	Schüler	Anzahl
Ja	AL03, AO05, AS34, AT42, AY02, EC06, EE06, ER85, FD02, HH11, HH68, IN94, UI94	13
Eingeschränkt	AI17, AK51, AS01, HO55, KM81, LP09, OI71, SI25	8
Nein	AA02, EH91, EV23, HI64, HZ59, OT51	6

Lediglich sechs Schüler gehen davon aus, dass Erkenntnisse nicht bewiesen werden können. In diese Kategorie fallen zu den Schülern, die die Frage explizit verneint haben, auch jene, die zwar die Frage bejaht haben, aber in ihrer Begründung das Ausschlussverfahren nennen. Bei diesen wird davon ausgegangen, dass sie den Begriff *beweisen* eher als *stärken* sehen. Ihnen fehlt das wissenschaftliche Konzept eines Beweises. Acht Schüler zeigen kein konsistentes Konzept - bei ihnen waren sowohl Aspekte der Kategorie Ja als auch Aspekte der Kategorie Nein vorhanden. Gerade bei diesen Schülern ist eine Konzeptentwicklung vermutlich einfacher möglich als bei Schülern der Kategorie Ja, da bei ersteren kein klar definiertes Konzept der Beweisbarkeit vorliegt. 13 Schüler - und damit die Mehrzahl - geht davon aus, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse prinzipiell zu beweisen sind, beispielsweise über Experimente oder über reines Nachdenken bzw. logisches Ableiten.

7.1.2 Fazit zu „Zu Beginn bestehende Schülervorstellungen zu NOS“

Wie erwartet besitzen die Schüler unterschiedliche Vorstellungen über die angesprochenen Aspekte von NOS und liegen auch in ihren Konzepten auf unterschiedlichem Niveau der fachlichen Anerkanntheit. In der Tendenz weisen sowohl in Bezug auf den Erkenntnisweg als auch auf die Beweisbarkeit von Erkenntnissen mehr Schüler ein fachlich nicht anerkanntes als fachlich anerkanntes Konzept auf. Der Vergleich der Ergebnisse der beiden Fragen zeigt in der Tendenz ein konsistentes Bild über die fachliche Angemessenheit:

So vertreten beispielsweise FD02 und IN94 in beiden Fragen keine anerkannte Vorstellung, während AA02 und HZ59 in beiden ein anerkanntes Konzept vertreten.

7.2 Veränderung von Schülervorstellungen zu NOS

Eine Veränderung der Vorstellungen zu NOS scheint durch eine implizite Vermittlung kaum bis nicht möglich, sodass beispielsweise Abd-El-Khalick (2002) eine explizite Thematisierung von NOS im naturwissenschaftlichen Unterricht fordert. Entsprechend dieser Forschungslage wird davon ausgegangen, dass keine erkennbare Konzeptentwicklung zum Thema NOS stattfindet. Eine Untersuchung scheint dennoch dahingehend lohnenswert, da während der anfänglichen Version der Konzeption, in der der abschließende Lernimpuls zu NOS noch nicht integriert war, Schüler ohne Aufforderung das Vorgehen der Doppelstunde auf die wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung übertrugen.

7.2.1 Vergleich der Schülervorstellungen vor und nach der Konzeption

KN-2 Durch implizite Vermittlung von Aspekten zu NOS wird keine Konzeptentwicklung angeregt

Eine Veränderung der Vorstellungen zu NOS scheint durch eine implizite Vermittlung kaum bis nicht möglich, sodass beispielsweise Abd-El-Khalick (2002) eine explizite Thematisierung von NOS im naturwissenschaftlichen Unterricht fordert. Entsprechend dieser Forschungslage wird davon ausgegangen, dass keine erkennbare Konzeptentwicklung zum Thema NOS stattfindet. Eine Untersuchung scheint dennoch dahingehend lohnenswert, da während der anfänglichen Version der Konzeption, in der der abschließende Lernimpuls zu NOS noch nicht integriert war, Schüler ohne Aufforderung das Vorgehen der Doppelstunde auf die wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung übertrugen.

KN-2.1 Welche Vorstellungen über NOS werden im letzten Lernimpuls geäußert?

Der letzte Lernimpuls war analog zu den Fragen aus Prä- und Posttest, jedoch auf die durchgeführte Unterrichtskonzeption angewendet und in umgekehrter Reihenfolge gesetzt. Sie lauteten:

1. Ist die Auswahlantwort, die ihr letztendlich gewählt habt, durch eure Argumentation bewiesen? Begründet eure Antwort.
2. (Inwiefern) Erkennt ihr einen Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in dieser Doppelstunde und der Art und Weise, wie man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangt?

Zu Frage 1

Tabelle 92 zeigt die Kodierungen während des letzten Lernimpulses in Bezug auf die erste Frage.

Tab. 92: Schülervorstellungen zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Video)

Gruppe	Schüler	Kategorie
G1	HH11	Ja
	AS01	Eingeschränkt*
	HI64	Eingeschränkt*
G2	UI94	Ja
	HH68	Ja
	OY71	Nein
	OT51	Nein
G3	AK51	-
	AA02	-
	FD02	-
	AO05	Ja
G4	AI17	Nein
	NL81	Nein
	HO55	Nein
	LP09	Nein
G5	AL03	Nein
	AT42	Ja → Nein
	SI25	Ja → Nein
G6	AS34	Nein
	AY02	Nein
	IN94	Nein
G7	EC06	Ja
	OI71	Ja
G8	ER85	-
	EV23	Ja
	KM81	-
G9	HZ59	Nein
	EH91	Nein
	EE06	Nein

Legende:
*: Kodierung unter Einbezug von Frage 2
→: Wechsel während des Gesprächs

Die Kodierung erfolgte auch hier nach dem Kodierleitfaden in Tab. XVIII. Da sich nicht alle Schüler äußerten, konnten nicht alle kodiert werden. Eine Besonderheit ist der Wechsel eines Standpunkts im Laufe des Gesprächs. So äußert sich AT42 beispielsweise anfangs, dass die Erkenntnisse bewiesen seien. Dem folgenden Einwand von AL03, dass es nicht bewiesen, sondern nur dargelegt sei und auch eine andere Antwort richtig sein könne, stimmt er zu, sodass er der Kategorie Nein zugeordnet wurde. Diese Entwicklung wird mit einem Pfeil und beiden Kodierungen verdeutlicht (Ja → Nein). Insgesamt gibt es innerhalb der Gruppen zumeist eine Einigung auf eine Antwort: Vier Gruppen einigen sich auf Nein, in drei Gruppen fällt mindestens ein Schüler in die Kategorie Ja, gegen die die Mitschüler nichts Gegenteiliges einwenden. Auch wenn diese fehlenden Aussagen nicht als Zustimmung gewertet werden, so ist es dennoch wahrscheinlich, dass die Schüler nicht vom gegenteiligen Konzept überzeugt sind. In den Gruppen G1 und G2 sind sich die Schüler zwar einig, jedoch wurden sie dennoch aufgrund weiterer Aussagen unterschiedlich kodiert: In Gruppe G1 sind sich die Schüler einig, dass die Antwort bewiesen wurde. AS01 begründet dies mit der Aussage, dass die letztendliche Antwort das einzige Konzept darstelle, bei dem keine Reaktion abläuft. In Aufgabe 2 nennen HI64 und AS01 zudem das Ausschlussverfahren als Vorgehen in der Wissenschaft, um Erkenntnisse zu erlangen. Diese Antwort wurde in die erste einbezogen, da zu vermuten ist, dass bei den Schülern das Verständnis des Begriffes *beweisen* eher in Richtung *stützen* oder *stärken* geht. Beide Schüler wurden mit der Kategorie *Eingeschränkt* kodiert.

Ähnlich verlief die Diskussion in G2: HH68 benennt die Antwort als bewiesen. OT51 stimmt ihm zu und erläutert weiterhin, dass das Beweisen in der Wissenschaft über das Ausschlussverfahren verläuft und man Erkenntnisse nur beweisen kann, indem man „alles Andere“ per Ausschlussverfahren widerlegt. OY71 stimmt dieser Aussage zu. Da sich HH68 nach dieser Aussagen nicht äußert, bleibt er mit Ja kodiert, während OT51 und OY71 mit Nein kodiert werden.

Insgesamt verlaufen die Diskussionen während des letzten Lernimpulses konfliktfrei; die Schüler, die sich äußern, weisen die gleichen Konzepte auf oder stimmen einander nach Verbesserung bzw. Konkretisierung einer Aussage zu. Diskussionen im Sinne von verschiedenen Standpunkten, die ausgehandelt werden, treten hier nicht auf.

Zu Frage 2

In der zweiten Frage geht es um einen Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in der Doppelstunde und der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften. Übertragbar sind beispielsweise Aspekte wie das parallele Vorhandensein verschiedener Thesen sowie das Ausschlussverfahren bzw. die Falsifikation als gegenläufigen Weg zur Verifikation, wie es häufig im Chemieunterricht praktiziert wird. Tabelle 93 zeigt die Aussagen der Schüler in Form der zugeordneten Kategorien, Tabelle 94 die jeweiligen Häufigkeiten der Kategorien.

Tab. 93: Schülervorstellungen zu Erkenntniswegen (Video)

Gruppe	Schüler	Kodierungen			
G1	HH11	These	Verifikation	Falsifikation	
	AS01	Ausschlussverfahren	These	Verifikation	Falsifikation
	HI64	Ausschlussverfahren			
G2	UI94	-			
	HH68	-			
	OY71	-			
	OT51	Ausschlussverfahren	These		
G3	AK51	Experimente	Forschung		
	AA02	-			
	FD02	-			
	AO05	Experimente	Ausschlussverfahren		
G4	AI17	Ausschlussverfahren			
	NL81	Forschung	Ausschlussverfahren		
	HO55	Ausschlussverfahren			
	LP09	Experimente	Forschung	Ausschlussverfahren	
G5	AL03	Verifikation			
	AT42	Experimente	Verifikation		
	SI25	These	Verifikation		
G6	AS34	Experimente	Ausschlussverfahren		
	AY02	-			
	IN94	Experimente	Ausschlussverfahren		
G7	EC06	Experimente	These	Verifikation	Falsifikation
	OI71	Experimente	These		
G8	ER85	-			
	EV23	These			
	KM81	-			
G9	HZ59	Ausschlussverfahren			
	EH91	Experimente	Ausschlussverfahren		
	EE06	Experimente	Ausschlussverfahren		

Legende: *: Die Kodierung wurde unter Einbezug der Aussagen in der zweiten Frage erstellt.

Insgesamt konnte das Kategoriesystem sowie der Kodierleitfaden aus Prä- und Posttest auf die Antworten während des Videos angewendet werden. Dies dient als Indiz, dass zumindest ähnliche Konzepte über die Fragen aktiviert werden.

Tab. 94: Anzahl der Kodierungen zu Erkenntniswegen (Video)

Kategorie	Anzahl
Experimente	10
Forschung	3
Verifikation	6
Falsifikation	3
These	7
Rationale Aspekte	0
Thesen	0
Frage/n	0
Experiment	0
Experimentieren	0
Theorie	0
Ausschlussverfahren	13
Soziale Aspekte	0

Die häufigste Antwort (13) hier ist das Ausschlussverfahren als Gemeinsamkeit in Bezug auf das Vorgehen in der Doppelstunde und dem in der Wissenschaft. Auch wenn im Prätest nur zwei Schüler das Ausschlussverfahren explizit nannten, scheint es ihnen bekannt, jedoch nicht unbedingt im Kontext des Prätest präsent zu sein. An zweiter Stelle (10) benennen sie mehrere Experimente als Gemeinsamkeit. Sieben Schüler wurden der Kategorie These zugeordnet; über sie wird das Wissen beschrieben, dass häufig - jedoch nicht notwendigerweise - eine These als zu überprüfendes Moment vorliegt. Dass konkurrierende Thesen nebeneinander vorliegen können, wird an dieser Stelle jedoch von keinem Schüler explizit geäußert. Verifikation und Falsifikation werden von sechs bzw. drei Schülern genannt. Auf die Forschung wird von drei Schülern referiert.

Als ein Indiz für die Angemessenheit der Vorstellungen in Bezug auf NOS gilt auch hier das Konzept der nicht möglichen Beweisbarkeit von Erkenntnissen. Tabelle 95 beschreibt die Schüler rein anhand der Kategorien Verifikation und Falsifikation/Ausschlussverfahren, die in Bezug auf die Verifikation eine Beweisbarkeit von Daten implizieren.

Tab. 95: Kategorisierung nach Konzepten_Verifikation, Falsifikation (Video)

Kategorien	Schüler	Anzahl
keine Kodierung	UI94, HH68, OY71, AA02, FD02, AY02, ER85, KM81	8
andere Kodierung	AK51, OI71, EV23	3
Verifikation	AL03, AT42, SI25	3
Verifikation und Falsifikation	HH11, EC06	2
Falsifikation/ Ausschlussverfahren	AS01, HI64, OT51, AO05, AI17, NL81, HO55, LP09, AS34, IN94, HZ59, EH91, EE06	13

Über diese Kategorisierung kann bei insgesamt elf Schülern keine Aussage über ihre Konzepte getroffen werden, da sie keiner bzw. anderen Kategorien zugeordnet wurden. Die meisten Kodierungen erhielt mit 13 Realisierungen die Kategorie Falsifikation/Ausschlussverfahren. Diese Kategorie wurde auch bei Schülern angewendet, die Ausschlussverfahren in Kombination mit Verifikation nannten: Auch bei diesen wird davon ausgegangen, dass sie Verifikation bzw. Beweis eher im Sinne einer Bestätigung sehen. Zwei Schüler nannten sowohl Verifikation als auch Falsifikation der Thesen als Gemeinsamkeit, drei Schüler nannten die Verifikation als gemeinsames Moment.

Zwischenfazit

In der ersten Frage zum Beweis der Daten wurden 15 Schüler der Kategorie Nein, 2 Eingeschränkt und sieben Ja zugeordnet. Diese Daten beschreiben die Vorstellungen der Schüler ohne explizite Thematisierung von Aspekten zu NOS. In der Reflexion wird deutlich, dass über die Gruppengespräche eine anerkanntere Vorstellung vertreten wird als im Prätest. Weiterhin nennen in Frage 2 13 von 29 Schülern eigenständig und ohne äußeren Input das Ausschlussverfahren als gemeinsame Vorgehensweise, was als positives Ergebnis gewertet wird. Ihnen gelingt es, das konkrete Vorgehen der Doppelstunde zu abstrahieren und in dem Begriff des Ausschlussverfahrens zusammenzufassen. Den Schülern scheint weiterhin auch ohne explizite Thematisierung deutlich zu werden, dass das Vorgehen der Doppelstunde einen möglichen Erkenntnisweg der Wissenschaft in einigen Aspekten nachahmt. Diese Ergebnisse gelten als Hinweis darauf, dass zumindest einige Aspekte des NOS über ein implizites Vorgehen sowie eine anschließende, unabhängig vom Lehrer stattfindende Reflexion vermittelt werden können. Inwieweit diese vermittelten Aspekte langfristige Wirkung haben und ob sie auf andere Kontexte angewendet werden können, bleibt an dieser Stelle jedoch unklar. Über diese Frage kann der ca. sechs Woche später stattgefundene Posttest Aufschluss geben.

KN-2.2 i) Ist eine Konzeptentwicklung vom Prä- zum Posttest zu erkennen?
ii) Ist ein Zusammenhang zu den Aussagen während des letzten Lernimpulses zu erkennen?

Auf eine separate Darstellung der Ergebnisse aus dem Posttest wird an dieser Stelle verzichtet. Statt dessen wird direkt ein Vergleich aus Ergebnissen von Prä- und Posttest gezogen, im Zuge dessen die Ergebnisse aus dem Posttest thematisiert werden. Gleichzeitig wird der Zusammenhang von Konzeptentwicklung und Konzeption untersucht, indem sie Aussagen des letzten Lernimpulses (NOS) zu denen des Posttestes in Bezug gesetzt werden.

Zu Frage 1

Tabelle 96 zeigt - analog zu Tabelle 93 - die für jeden Schüler zugeordneten Kategorien zu der Frage nach einem Erkenntnisweg in den Naturwissenschaften.

Tab. 96: Schülervorstellungen zu Erkenntniswegen (Prä-, Posttest, Video)

Gruppe	Schüler	Prätest	Video	Posttest
G1	HH11	Ee R	T A Fal	Ee F
	AS01	Ee R	A T V Fal	Ee V Fal R
	HI64	Ee	A	Ee Fal*
G2	UI94	F	-	F Fal*
	HH68	Ee	-	Tn V
	OY71	-	-	Ee
	OT51	Ee R T	Ee A T	A*
G3	AK51	Ee F R	Ee F	Ee Thn
	AA02	F Tn V Fal	-	Ee F
	FD02	Ee Tn V	-	En
	AO05	Ee F	Ee A	Ee T
G4	AI17	Ee A	A Tn	Ee F
	NL81	-	F A Tn	F
	HO55	E Fr V Fal	A Tn	Ee
	LP09	Fr T V	Ee F A	Ee T V Fal
G5	AL03	Ee F	V	Ee T V Fal
	AT42	Ee	Ee V	Ee
	SI25	Ee Th Tn V Fal	T V	Ee Th T S V A
G6	AS34	Ee V Fal Tn	Ee A	Ee V Fal Th R
	AY02	Ee Th	-	Ee S
	IN94	Ee T F V	Ee A	Ee T F

Gruppe	Schüler	Prätest	Video	Posttest
G7	EC06	Ee F	Ee T V Fal	Ee T V Fal
	OI71	F	Ee T	Ee V
G8	ER85	Ee Frn	-	En F Th V A
	EV23	Th Fal	T	T V Fal
	KM81	R	-	A Th
G9	HZ59	Ee T V Fal	A	Ee A Fal
	EH91	F T A	Ee A Tn	Ee F T V A
	EE06	Ee S	Ee A	Ee Thn

Legende:
A: Ausschlussverfahren; E: Experiment; Ee: Experimente; En: Experimentieren; F: Forschung; Fal: Falsifikation; Fr: Frage; Frn; Fragen; R: Rationale Aspekte; S: Soziale Aspekte; T: These; Tn: Thesen; Th: Theorie; Thn: Theorien; V: Verifikation

Die Verteilung der Kategorien sowie der schülerspezifischen Kodierungen zeigt auch im Posttest ein stark differentes Bild der Vorstellungen. Während beispielsweise Schüler OY71 und HO55 lediglich Experimente nennen, wird Schüler SI25 den Kategorien Experimente, Theorie, These, Soziale Aspekte, Verifikation und Ausschlussverfahren zugeordnet. Tabelle 97 zeigt die Häufigkeiten der Kategorien in Prä- und Posttest sowie in den Videos. Die Kategorie Experimente gilt auch im Posttest als prototypisches Vorgehen in der Erkenntnisgewinnung der Naturwissenschaften (20). Dieses konkrete Vorgehen wird abstrahiert über die Kategorie Verifikation (11) und Falsifikation (9), über die die Schüler den Zusammenhang aus These (8) und Experiment beschreiben. Allgemein auf Forschung referieren sechs Schüler. Ebenfalls sechs benennen das Ausschlussverfahren.
Im Folgenden werden die wichtigsten Kategorien vergleichend im Prä- und Posttest sowie der Aussagen in den Videos dargestellt und mit konkreten Schülerzitaten verdeutlicht.

Tab. 97: Anzahl der Kodierungen zu Erkenntniswegen (Prä-, Posttest, Video)

Kategorie	Prätest	Posttest	Videos
Experimente	19	20	10
Forschung	8	6	3
Verifikation	8	11	6
Falsifikation	6	9	3
These	5	8	7
Rationale Aspekte	5	2	0
Thesen	4	1	4

Kategorie	Prätest	Posttest	Videos
Frage/n	3	1	0
Experiment	2	3	0
Theorie/n	2	5	0
Soziale Aspekte	1	2	0
Ausschlussverfahren	2	6	14
Experimentieren	0	2	0

Experiment/Experimente/Experimentieren

Die Zahlen in den Kategorien Experimente/Experiment/Experimentieren bleiben nahezu gleich: Sowohl vor als auch nach der Konzeption gilt das Experiment anscheinend als Prototyp der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Den Schülern scheint bewusst zu sein, dass ein einzelnes Experiment keine zuverlässige Evidenz für eine Erkenntnis darstellt, sondern mehrere (verschiedene und/oder wiederholte) Experimente zur Validierung der Ergebnisse nötig sind. Im Vergleich zu der gleichbleibenden Zahl und auch der häufigsten Kodierung wird auf Experimente während der Videos in weit geringerem Maße referiert (10), wobei dies dennoch die zweithäufigste Kodierung darstellt. Statt auf Experimente als häufigste Kategorie referieren die Schüler während der Videos zumeist auf das Ausschlussverfahren (vgl. Unterpunkt *Ausschlussverfahren*). Die geringere Häufigkeit während der Videos lässt sich über die Konzeption erklären, in der mit nur einem Experiment der Schwerpunkt eher allgemein auf Lernimpulsen und der damit verbundenen Falsifikation von Thesen liegt. Der prototypische Gedanke des Experiments wird über die Konzeption nicht verändert. Dies ist kein negativ zu wertendes Ergebnis, da gerade in der Chemie das Experiment noch immer ein zentrales Element der Erkenntnisgewinnung darstellt. Für eine fachlich anerkannte Vorstellung muss dieses jedoch mit weiteren Aspekten wie der Aufstellung von Thesen und der Falsifikation verknüpft sein. Eine Besonderheit in den Videos ist, dass alle Schüler von Experimenten in der Mehrzahl sprechen und diese häufig mit dem Ausschlussverfahren verknüpfen. Dies ist möglicherweise über die zwei Experimente der Lernimpulse 3 und 4 zu begründen, sodass den Schülern hier deutlich wird, dass ein einzelnes Experiment keinen validen Erkenntnisgewinn darstellt.

Verifikation

Die Kategorie Verifikation steigt vom Prä- zum Posttest insgesamt von acht auf elf Schüler. Diese Entwicklung scheint auf den ersten Blick negativ, da gerade das Bild der Verifikation von Thesen verändert werden soll. Eingeschränkt werden muss dieses Ergebnis dahingehend, dass die Kategorie Verifikation - bis auf drei bzw. zwei Kodierungen im Prä- und Posttest - stets in Kombination mit Falsifikation oder Ausschlussverfahren genannt wird. Gerade in Kombination mit dem Ausschlussverfahren wird die Kategorie Verifikati-

on nicht als negativ angesehen: Eine mögliche Erklärung ist, dass die Schüler die verwendeten Wörter wie *bestätigen* im Sinne einer Stützung ansehen, wie es auch in der Konzeption benannt wurde. Das Konzept der Vorläufigkeit des Wissens wäre in diesen Fällen dennoch gegeben, wie Schüler LP09 beispielhaft zeigt:

> *[..] Mithilfe von Versuchen kann man diese These im Nachhinein bestätigen. Diese gilt solange, bis sie von anderen Wissenschaftlern/Personen durch Gegenexperimente widerlegt wird.*

Über die Betrachtung der Häufigkeiten der Kategorien Verifikation sowie Verifikation und Falsifikation als eine Kategorie wird deutlich, dass sich die Häufigkeiten kaum veränderten (Tab. 98).

Tab. 98: Kategorisierung nach Konzepten_Verifikation, Falsifikation (Prä-, Posttest)

Kategorie/n	Prätest	Posttest
andere Kodierung	16	13
Verifikation	3	2
Verifikation und Falsifikation	5	6
Falsifikation/Ausschlussverfahren	3	8

Dabei bleiben jedoch nur acht Schüler in der anfänglichen Kategorie aus Tab. 99, zwei äußern sich im Posttest das erste Mal, 19 wechseln die Kategorie, wobei dieses in nahezu gleichem Maße in positive wie negative Richtung verläuft.
Ein Beispiel für einen Schüler mit positiver Entwicklung ist LP09, der im Prätest schreibt:

> *Indem man sich eine konkrete Frage überlegt, für die man sich intensiv einsetzt. Man überlegt, wie man an die Frage herankommen könnte, versucht unterschiedliche Sachen aus und kann vielleicht nach einer Weile eine Hypothese bilden, die es gilt zu beweisen. (...) Wenn er dann eine Hypothese bildet, die er beweisen kann, hat er eine Erkenntnis. (LP09, Prätest)*

Diese Vorstellung spiegelt eine naive Sichtweise der Bestätigung einer These wieder, über die man zu Erkenntnissen gelangt. Im Posttest hat sich seine Einstellung geändert, da er nicht nur sagt, dass man eine These bestätigen, sondern diese auch immer widerlegen kann:

> *In der Wissenschaft gelangt man zu Erkenntnissen, indem man Sachverhalte bemerkt oder findet und versucht, aus diesen Tatsachen eine These zu formulieren, die man auf andere Tatsachen beziehen kann und Voraussagen treffen kann. Mithilfe von Versuchen kann man diese These im Nachhinein bestätigen. Diese gilt solange, bis sie von anderen Wissenschaftlern/Personen durch Gegenexperimente widerlegt wird. (LP09, Posttest)*

Diese Veränderung ist vermutlich über die Konzeption zu erklären, da während dieser der Schüler selbst das Ausschlussverfahren benennt und beschreibt. Die bereits im Prä-

test relativ differenzierte Sichtweise ist demnach über die Konzeption im positiven Sinne verändert worden.

Während des letzten Lernimpulses ist die Gruppe G5 mit drei Mitgliedern die einzige, die sich geschlossen für die Verifikation als gemeinsames Elemente von Doppelstunde und Erkenntnisweg in der Wissenschaft ausspricht. Die drei weiteren Schüler, die bei der Verifikation zugeordnet wurden, nennen alle zudem noch die Falsifikation als Möglichkeit der Bewertung einer These. Das Nennen der Verifikation einer These in Zusammenhang mit der Falsifikation ist kein anerkanntes Konzept in der NOS-Forschung. Dennoch stellt die Vorstellung, dass Thesen überhaupt potentiell bestätigt oder nicht bestätigt werden könnten, ein differenzierteres Bild dar als beispielsweise jenes von AS01, der im Prätest lediglich Experimente und rationale Aspekte nennt. Inwieweit dieses differenziertere Konzept eine Chance und eine gute Basis für einen weiteren Lernprozess darstellt oder ob es eher hinderlich ist auf dem Weg zu einem anerkannten Verständnis, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

Insgesamt ist über den reinen Vergleich der Zahlen keine Veränderung sowie in der schülerspezifischen Betrachtung keine Tendenz erkennbar. Daher ist zu vermuten, dass die Konzeption keinen Einfluss auf die Vorstellungen in Bezug auf die Kategorie Verifikation hat. Ob bei einer größeren Stichprobe mehr Schüler wie LP09 auftreten, die ihre Vorstellung positiv verändern, oder ob dieser ein Einzelfall bleibt, wäre in einer Folgestudie zu klären.

Falsifikation

Die Häufigkeiten in der Kategorie Falsifikation steigen von sechs auf neun Schüler. Von diesen neun Schülern haben nur drei die Falsifikation schon im Prätest benannt. Entsprechend benennen sie sechs Schüler neu. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass drei, die anfangs die Falsifikation benannt haben, sie im Posttest nicht mehr nennen. Von diesen benennt jedoch einer das Ausschlussverfahren als die Falsifikation implizierendes Konzept. Entsprechend gibt es zwei negative und drei positive Wechsel. Positive Veränderungen lassen sich beispielsweise bei HZ59 und LP09 feststellen. So sagt HZ59 im Prätest:

> *Durch eine These die man aufstellt und versucht mit Experimenten diese zu widerlegen oder zu bestätigen. Durch Umfragen bzw. solchen Tests.(HZ59, Prätest)*

Er benennt also sowohl bestätigende als auch widerlegende Aspekte. Im Nachtest erwähnt er diese bestätigenden Aspekte nicht mehr:

> *Durch Experimente und Ausschlussverfahren. Durch Vergleiche zu vorherig durchgeführten Experimenten oder durch Beispiele, die gewisse aufgestellte Behauptungen widerlegen. (HZ59, Posttest)*

Gerade die Referenz auf das Ausschlussverfahren, welches sowohl von HZ59 als auch von LP09 in den Videos genannt werden, gilt als Hinweis auf eine Veränderung durch die Konzeption, da dieser Begriff im Prätest bei diesem Schüler nicht genannt wurde.

Als Beispiel einer negativen Entwicklung kann EV23 genannt werden, der im Prätest eine differenzierte Sichtweise darlegt:

> *Zu Beginn stellt man eine Theorie auf. Diese wird dann versucht mit allen möglichen Erkenntnissen, die bislang erlangt wurden, zu widerlegen. Ist dies in keinster Weise möglich, so muss diese Theorie als wahr hingenommen werden. (EV23, Prätest)*

Gerade die Wortwahl des „als wahr hingenommen werden" ist hier hervorzuheben, da sie impliziert, dass die Theorie an sich nicht wahr ist - sie wird eher von Menschen konstruiert und somit als wahr bzw. wahrscheinlich anerkannt. Im Posttest weist er zwar auch die Widerlegung als Option für Erkenntnisgewinnung auf, beschreibt jedoch auch eine Art Verifikation:

> *Beweis der These mit bisher schon gewonnenen Erkenntnissen oder Widerlegung aller anderen Möglichkeiten, mögen sie noch so unwahrscheinlich sein. (EV23, Posttest)*

Eine mögliche Erklärung für diese Entwicklung ist, dass der Schüler über die Konzeption seine Vorstellung dahingehend verändert hat, dass über das Ausschlussverfahren lediglich eine Antwort übrig bleibe, die die fachlich anerkannte darstellt. Dass auch diese Antwort nur vorläufiger Natur und nicht bewiesen ist, scheint ihm hier nicht bewusst zu sein. Insgesamt ist auch bei der Kategorie Falsifikation kein Einfluss der Konzeption zu erkennen. Sowohl bei der Verifikation als auch bei der Falsifikation werden einige Schüler in Prä- und Posttest je verschiedenen Kategorien zugeordnet. Es scheint entsprechend, dass die Schüler keine stabile Vorstellung über Aspekte zu NOS verinnerlicht haben bzw. sich der verwendeten Wortwahl nicht bewusst sind. Gerade die Ausdifferenzierung der Begrifflichkeiten (beweisen, bestätigen, stärken, stützen) ist entsprechend eine Aufgabe, die im Chemieunterricht stärker fokussiert werden muss; diese Ausschärfung gelingt nicht über eine in diesem Aspekt implizite Konzeption wie choice^{2}learn, sondern muss vermutlich explizit thematisiert und reflektiert werden.
Die in den Videos vergleichsweise wenig verwendete Kategorie der Falsifikation stellt keine negative Entwicklung dar, sondern wird über die ähnliche Kategorie des Ausschlussverfahrens, welches eine Falsifikation von Thesen impliziert, kompensiert.

Ausschlussverfahren

Eine Kategorie, in der eine Veränderung erwartet wurde, da sie das Vorgehen in der Doppelstunde in einem Begriff beschreibt, ist die des Ausschlussverfahrens. Vom Prä- und Posttest gab es eine Steigerung von zwei auf sechs Schüler. Diese ist nicht groß, jedoch gerade im Vergleich zu den relativ gleichbleibenden Werten von Verifikation und Falsifikation positiv hervorzuheben. Als ein Beispiel gilt Schüler EH91, der das Ausschlussverfahren sowohl im Prä- als auch im Posttest beschreibt bzw. benennt:

> *Ich denke schon, dass man Erkenntnisse beweisen kann, indem man alles ausschließt, was dagegen spricht. (EH91, Prätest)*

An dieser Stelle wird erneut die für die Schüler häufig anzutreffende Bedeutung des Beweisens deutlich: EH91 benennt eine These als bewiesen, wenn alles andere aufgeschlossen ist. Fachlich anerkannt würde eher von einer anerkannten These gesprochen werden, da ein Beweis im engeren Sinne nicht möglich ist. Im Posttest gibt er eine ausführlichere und differenziertere Antwort. Dies gilt bereits als Hinweis, dass sich seine Vorstellung verändert hat:

> *Man gelangt in der Naturwissenschaft zu Erkenntnissen, indem man zuerst ein Phänomen beobachtet. Dann stellt man eine Hypothese darüber auf. Folgend kommen Versuche, die verschiedene Möglichkeiten ausschließen. Nun bleibt eine Möglichkeit übrig, die überprüft wird und bestätigt werden muss. Folglich kann die Hypothese richtig oder falsch sein. Am Ende hat man die Erkenntnis wie etwas funktioniert. Zumindest bis jemand etwas anderes beweist oder beweist, dass diese Erkenntnis falsch ist. (EH91, Posttest)*

Er beschreibt hier die Parallelität von Thesen sowie das Ausschlussverfahren. Über den letzten Satz verdeutlicht er die Vorläufigkeit des Wissens, indem er auf die Möglichkeit einer Widerlegung verweist.

Ein Schüler, der eine deutlichere Veränderung erfährt, ist Schüler ER85. Im Prätest schreibt er:

> *Man stellt sich eine Frage zu einem Sachverhalt und versucht diese zu beantworten. Die Beantwortung dieser (noch „oberflächlichen") Frage führt zu neuen und präziseren Fragen auf die man versucht eine Antwort zu finden. Zunächst theoretisch und nach der Beantwortung ggf. einen praktischen Beweis durch Experimente. (ER85, Prätest)*

Im Posttest führt er stattdessen das Ausschlussverfahren an:

> *Man stellt eine Theorie nach Beobachtungen auf, erstellt theoretische Lösungen und experimentiert dann gezielt, um Lösungen ausschließen zu können, sodass man letztendlich durch das Ausschlussverfahren zu einer Lösung kommt, die man durch ein Experiment beweisen kann. (ER85, Posttest)*

Während im Prätest noch eine in Bezug auf die Auswertung der Experimente vage und undifferenzierte Sicht vertreten wird („Beweis durch Experimente"), beschreibt er im Posttest explizit das Ausschlussverfahren. Auch er nennt die nicht widerlegt These als bewiesen, was hier jedoch nicht negativ gewertet wird.

Insgesamt zeigt sich in der Kategorie Ausschlussverfahren eine Veränderung in Richtung des anerkannten Konzepts. Dass gerade in dieser Kategorie eine Veränderung auftritt, ist wahrscheinlich auf die Konzeption zurückzuführen, da diese genau über dieses Ausschlussverfahren arbeitet und dieses auch von 14 Schülern aus sieben von neun Gruppen explizit gesagt wird. Auch wenn die Veränderungen lediglich bei vier Schülern deutlich werden, ist es positiv zu werten, da es einen Hinweis darstellt, dass bestimmte Aspekte von NOS auch über implizite Wege vermittelt werden können. Dies wird gestützt durch den Zusammenschluss der Konzepte zu Verifikation und Falsifikation über Tabelle 98

(S. 337): Hier zeigt sich, dass eine Steigerung der Kategorie Falsifikation/Ausschlussverfahren von drei auf acht Schüler zu verzeichnen ist.

These/Thesen

Die Kategorie *These* wurde in Prä- und Posttest fünf bzw. acht Mal genannt, die Kategorie *Thesen* nur vier Mal im Prä- und ein Mal im Posttest. Insgesamt deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass den Schülern das parallele und konkurrierende Vorkommen verschiedener Thesen nur in begrenztem Maße bekannt ist. Eher sehen sie den Forschungsprozess als relativ linear verlaufenden Prozess, der auf eine These fokussiert:

> *In der Naturwissenschaft stellt man eine begründete These auf. Aufgrund fundierter, früherer Forschungen kann man eine These aufstellen, die es dann gilt zu beweisen. Hierzu werden verschiedene Experimente gemacht. (IN94, Prätest)*

Auch nach der Konzeption nennt dieser Schüler nicht mehrere Thesen. Die Konzeption hat bei ihm sowie bei den anderen Schülern nicht dazu beigetragen, die Vorstellungen zu verändern. Eine mögliche Erklärung für die häufigere Nennung einer These statt mehrerer Thesen ist die seltene Realisierung von Thesenbildung und -überprüfung in der Schule (Gröger 2002), sodass den Schülern das Phänomen konkurrierender Thesen nicht bekannt oder bewusst ist. Eine Besonderheit ist hier, dass während der Videos die Begriffe der These (7) bzw. Thesen (4) vergleichsweise häufig genannt werden. Diese Aspekte scheinen den Schülern jedoch nicht in dem Sinne bewusst zu sein bzw. so wichtig zu erscheinen, als dass sie während des Posttests genannt werden.

Soziale Aspekte

Insgesamt benennen nur drei Schüler soziale Aspekte als Faktor einer Erkenntnisgewinnung. Schüler EE06 benennt dies im Prätest, jedoch nicht mehr im Posttest. Die Schüler AY02 und SI25 führen dagegen im Posttest neu an, dass „man in der oft durch Experimente, Austausch und durch das Ausschlussverfahren zu Erkenntnissen“ (SI25) gelangt. Mit insgesamt nur drei Kodierungen von 29 Schülern, ist dies eine selten vertretene Kategorie. Dies entspricht den Ergebnissen von Abd-El-Khalick (2012) von der Schülervorstellung, dass Wissenschaftler meist Einzelgänger sind und alleine statt in einer Arbeitsgruppe arbeiten. Möglicherweise ist den Schülern AY02 und SI25 durch die Konzeption, die stark vom Austausch zwischen den Schülern geprägt ist, dieser Aspekt verdeutlicht worden.

zu Frage 2

Tabelle 99 zeigt die Wechsel der einzelnen Schüler von Prä- und Posttest. Diese Tabelle wird im Folgenden zusammengefasst zu der Tabelle 100, die eine Übersicht über die Häufigkeiten gibt, sowie Tabelle 101, die die jeweiligen Häufigkeiten der Wechsel beschreibt.

Tab. 99: Schülervorstellungen zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Prä-, Posttest, Video)

Gruppe	Schüler	Prätest	Video	Posttest
G1	HH11	Ja	Ja	Ja
	AS01	Eingeschränkt	Eingeschränkt*	Nein
	HI64	Eingeschränkt	Eingeschränkt*	Eingeschränkt*
G2	UI94	Ja	-	Nein
	HH68	Ja	Ja	Ja*
	OY71	-	Nein	Eingeschränkt
	OT51	Nein	Nein	Nein
G3	AK51	Eingeschränkt	-	Nein
	AA02	Nein	-	Nein
	FD02	Ja	-	Ja
	AO05	Ja	Ja	Ja
G4	AI17	Eingeschränkt	Nein	Nein
	NL81	-	Nein	Nein
	HO55	Eingeschränkt	Nein	Ja*
	LP09	Eingeschränkt	Nein	Nein*
G5	AL03	Ja	Nein	Eingeschränkt
	AT42	Ja	Ja → Nein	Nein
	SI25	Eingeschränkt	Ja → Nein	Ja
G6	AS34	Ja	Nein	Ja
	AY02	Ja	Nein	Ja
	IN94	Ja	Nein	Nein
G7	EC06	Ja	Ja	Ja
	OI71	Eingeschränkt	Ja	Eingeschränkt
G8	ER85	Ja	-	Nein
	EV23	Nein	Eingeschränkt	Eingeschränkt
	KM81	Eingeschränkt	-	Eingeschränkt
G9	HZ59	Nein	Nein	Nein
	EH91	Nein	Nein	Nein
	EE06	Ja	Nein	Nein

Legende:
*: Kodierung unter Einbezug von Frage 2
→: Wechsel während des Gesprächs

Tab. 100: Anzahl der Kodierungen (Prä-, Posttest, Video)

	Kategorie im Prätest			Kategorie im Video			Kategorie im Posttest		
	Ja	Eing.	Nein	Ja	Eing.	Nein	Ja	Eing.	Nein
Anzahl	13	9	5	6	3	15	9	6	14

Anhand der Tabelle 100 wird deutlich, dass vom Prä- und Posttest eine positive Veränderung in der Kategorie Nein zu verzeichnen ist. Von fünf Schülern im Prätest steigt die Zahl auf 14 Kodierungen im Posttest; sowohl die Kategorie Ja als auch die Kategorie Eingeschränkt werden in geringerem Maße als im Prätest kodiert. Bei den Wechseln gab es überwiegend, jedoch nicht nur positive Veränderungen, wie Tabelle 101 verdeutlicht:

Tab. 101: Anzahl der Konzeptentwicklungen (Kategoriewechsel)

	Kategorien im Prä- und Posttest								
	Ja→ Ja	Ja → Eing.	Ja → Nein	Eing.→ Ja	Eing.→ Eing.	Eing.→ Nein	Nein→ Ja	Nein→ Eing.	Nein→ Nein
Anzahl	7	1	5	2	3	4	0	1	4

Da diese rein quantifizierende Tabelle keine inhaltlichen Veränderungen beschreibt und auch Veränderungen innerhalb einer Kategorie deutlich wurden, soll im Folgenden jede Kombination des Wechseln kurz beschrieben und mit Schülerzitaten verdeutlicht werden.

Ja→ Ja

Von insgesamt 13 Schülern, die zu Beginn der Kategorie Ja zugeordnet wurden, wählen im Posttest sieben erneut Ja. Ein Beispiel für diese Kategorie sowie eine auch im Nachtest bestehende Schülervorstellung zeigt folgendes Zitat:

> *Wenn man einen der Erkenntnis entsprechenden Versuch mehrmals exakt unter den gleichen Bedingungen durchführt und das Ergebnis immer mit der Erkenntnis übereinstimmt, dann kann man diese beweisen. (EC06, Posttest)*

Die Antwort ist dahingehend anerkannt, dass der Schüler wiederholte Versuche unter kontrollierten Bedingungen beschreibt; jedoch gelten auch bei gleichem Ergebnis die Erkenntnisse nicht als bewiesen, sondern als vorläufig anerkannt. Eine mögliche Entwicklung hat Schüler FD02 aufzuweisen. Er schreibt im Prä- und Posttest:

> *Ja, Naturwissenschaften kann man durch Formeln beweisen. Diese Formeln werden aufgestellt durch das Beweisen von Regelmäßigkeiten, die mit den Erkenntnissen zusammenhängen. (FD02, Prätest)*

> *Ja die Erkenntnisse können anhand von Formeln belegt werden. Auch Modelle stärken die Erkenntnisse. (FD02, Posttest)*

Dieser Schüler zeigt die Besonderheit, dass er in der Begründung nicht - wie sonst hauptsächlich - auf Experimente verweist, sondern auf Formeln referiert. Weiterhin ist die Wortwahl des Schülers hervorzuheben: Während er im Prätest den Begriff des Beweises verwendet, spricht er im Posttest von belegen und stärken von Erkenntnissen. Inwieweit sich der Schüler des Unterschiedes bewusst ist, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden; möglicherweise hat sich jedoch seine Vorstellung gerade aufgrund des Ausschlussverfahrens während der Konzeption verändert. Da er sich im Video dahingehend nicht äußert, bietet auch dieses kein Indiz für eine Entwicklung. Innerhalb der Kategorie Ja → Ja ist bei keinem Schüler eine eindeutige Konzeptentwicklung zu erkennen. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass Schüler, die einen klaren Standpunkt vertreten - also nicht bei Eingeschränkt eingeordnet wurden -, eine stabile und damit schwer zu verändernde Vorstellung besitzen. Gestützt wird diese These durch vier von sieben Schülern, die sich auch während des Videos für den Beweis der Antwort aussprechen. Zwei Schüler einer Gruppe sprechen sich gegen den Beweis von Antwort A aus, da mehrere Experimente hätten gemacht werden müssen. Auch sie sehen aber prinzipiell die Möglichkeit eines Beweis. Gerade für diese Schüler ist es wahrscheinlich, dass eine explizite und reflektierende Thematisierung für eine Konzeptentwicklung notwendig ist.

Ja → Eingeschränkt

Schüler AL03 wurde anfangs der Kategorie Ja zugeordnet, obwohl er sagt, dass sich einige Erkenntnisse nicht beweisen lassen, da die technischen Mittel fehlen:

> *Gewisse Erkenntnisse kann man beweisen, indem man Experimente durchführt. Es gibt allerdings auch Erkenntnisse, die sich nicht beweisen lassen, weil man einfach nicht die technischen Mittel dazu hat. (AL03, Prätest)*

Dieses Fehlen der technischen Mittel impliziert jedoch, dass er an eine prinzipielle Möglichkeit des Beweisens glaubt: Wären die technischen Mittel da, so wäre alles zu beweisen. Im Posttest weist er ein differenziertes Bild auf:

> *Man kann Erkenntnisse durch Versuche bestätigen oder nicht bestätigen, vollständig bewiesen kann es nicht werden, da immer weitere Faktoren dazu zählen und durch diese können sich Versuchsergebnisse unterscheiden. Wenn man allerdings die Versuchsbedingungen so einschränkt, dass keine Faktoren beliebig sind, kann man eine aufgestellte Hypothese verifizieren. Wenn dann allerdings ein Faktor gefunden wird, der alles verändert, ist dieser Beweis wieder nichtig (AL03, Posttest)*

Hier sind sowohl Aussagen für als auch gegen die Beweisbarkeit von Erkenntnissen enthalten, sodass der Schüler mit Eingeschränkt kodiert wurde. Deutlich wird hier aber dennoch eine Entwicklung hin zum anerkannten Konzept und eine weitaus differenziertere Aussage als im Prätest.

Ja → Nein

Fünf Schüler wechselten von Ja zu Nein, sodass sie eine deutliche Konzeptentwicklung zeigen. Die Häufigkeit ist dahingehend hervorzuheben, dass sie die häufigste Kategorie der Kategorien mit einem Wechsel darstellt. Als Beispiel gilt Schüler EC06, der im Prätest sagt, dass man durch Experimente Erkenntnisse bestätigen könne. Im Nachtest dagegen führt er auf, dass nichts zu 100 % bewiesen sei und alles nur gelte, bis es widerlegt werde.

Schüler ER85 benennt im Prätest zwar bereits Grenzen der Beweisbarkeit, benennt diese jedoch als vorläufig. Prinzipiell geht er von einer Beweisbarkeit der Erkenntnisse aus:

> *Ja, kann man. Durch Experimente, die immer bei richtiger Führung zu dem gleichen Ergebnis kommen. Allerdings gibt es noch Grenzen und unbeantwortete Fragen, ohne die man wiederum andere Sachverhalte nicht beweisen kann. (ER85, Prätest)*

Im Posttest benennt er Erkenntnisse noch immer als zu beweisen, führt jedoch das Ausschlussverfahren an, sodass auch hier der Begriff des Beweisens als Stärkung gedeutet wird:

> *Ja, durch das Ausschlussverfahren, allerdings führen neue Erkenntnisse und Theorien auch gleichzeitig dazu, dass alte Erkenntnisse hinterfragt werden, sodass sie sich gegebenenfalls als falsch erweisen können. (ER85, Posttest)*

Schüler IN94 gilt als Besonderheit, da er einen Wechsel der Kategorie vollzieht, jedoch auf Basis einer nicht anerkannten Stütze: So sagt er im Prätest, dass man Erkenntnisse durch Experimente beweisen könne. Im Nachtest dagegen führt er aus, dass man im Labor nie naturgetreue Abbildungen herstellen könne und man daher nichts beweisen könne. Trotz der fachlich nicht anerkannten Begründung wird hier ein Schritt in der Veränderung einer Vorstellung deutlich. Inhaltlich kann die genannte Begründung nicht auf die Konzeption zurückgeführt werden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass ein Wechsel von Ja zu Nein für die Schüler eine große Veränderung bedeutet, die gerade aufgrund der Stabilität der Vorstellungen nicht wahrscheinlich ist. Diese Komplexität berücksichtigend, kann der Wechsel von fünf Schülern bereits als positives Ergebnis gewertet werden. Ein Indiz, dass die Schüler aufgrund der Konzeption ihre Vorstellung verändern, ist die Tatsache, dass alle Äußerungen, die von den Schülern getätigt werden, über den nicht vorhandenen Beweis von Antwort A verlaufen. (Schüler UI94 und ER85 äußern sich während des Lernimpulses nicht.)

Eingeschränkt → Ja

Ein nicht intendierter Wechsel ist jener von Eingeschränkt zu Ja, der von den Schülern HO55 und SI25 getätigt wird. So sagt HO55 im Prä- und Posttest beispielsweise:

> *Je nachdem. Manchmal können Dinge bewiesen werden, die auf konstanten Werten etc. basieren. Sind jedoch veränderbare Werte vorhanden, ist es meist nicht möglich. (HO55, Prätest)*

> *Ja, kann man. Durch Versuche und Experimente erlangende Fakten oder der Natur bestimmter Dinge ist es möglich, durch Versuchsreihen andere Erkenntnisse über die jeweiligen Angelegenheiten zu erlangen. (HO55, Posttest)*

Hervorzuheben ist bei diesem Schüler das Gespräch im letzten Lernimpuls, in dem er sich seinen Gruppenmitgliedern anschließt und sogar das Gruppenergebnis notiert, dass die gewonnenen Erkenntnisse nicht bewiesen sind. Ähnlich verläuft der Prozess bei SI25, der anfangs bei Eingeschränkt einsortiert wurde, da er sowohl Verifikation als das Ausschlussverfahren benennt. Auch er schließt sich während des letzten Lernimpulses der Meinung der Gruppenmitglieder an und spricht sich für Nein aus. Im Posttest hingegen sagt er unter anderem, dass man Erkenntnisse „insofern beweisen [kann], dass man sie durch Experimente, Fakten und Beweise beweist und bestätigt." Bei beiden Schülern scheint es so zu sein, dass sie das Ergebnis aus dem letzten Lernimpuls nicht präsent haben bzw. nicht auf den vorliegenden Kontext übertragen können. Beide Schüler bestätigen somit die Forschungslage, die besagt, dass nur implizite Thematisierungen keine Konzeptentwicklung bewirken.

Eingeschränkt → Eingeschränkt

Von den acht Schülern, die anfänglich bei Eingeschränkt eingeordnet waren, sind dies im Posttest noch drei. Einer ist KM81, der im Prätest sagt:

> *Alles, was man beweisen kann, ist meistens mit Zahlen und Formeln definiert, aber biologische Probleme, die als bewiesen gelten, sind nur zu 99,99 % bewiesen. (KM81, Prätest)*

Im Posttest führt er an, dass es leichter sei, Thesen auszuschließen, als sich direkt um die zu beweisenden zu kümmern:

> *Es geht darum, das Wissen aus den verschiedensten Gebieten zu „kombinieren", denn naturwissenschaftliche Probleme gehören in jeden Bereich. Leichter ist es eher, wenn man anfängt, Theorien über eine Erkenntnis auszuschließen, statt sich direkt auf die eine augenblickliche Theorie zu stürzen. (KM81, Posttest)*

Im Prätest referiert er auf mathematische Beweise, die verifizierbar seien, biologische Erkenntnisse seien dies jedoch zu nur zu 99,99 %. Ihm ist die Begrenztheit der Beweise bewusst. Im Posttest setzt er einen anderen Schwerpunkt und beschreibt indirekt das Ausschlussverfahren, über welches zumindest Thesen ausgeschlossen werden können. Ob seiner Meinung nach die nicht ausgeschlossene These als bewiesen gilt, wird an dieser Stelle nicht eindeutig klar. Einen Hinweis auf eine anerkannte Vorstellung gibt das Wort augenblicklich, mit dem er eine Theorie beschreibt; dies deutet auf das Konzept der Vorläufigkeit von Theorien und Wissen hin. Auch wenn der Schüler sowohl in Prä- als auch im Posttest bei Eingeschränkt kategorisiert war, ist eine leichte positive Veränderung in seiner Vorstellung festzustellen.

HI64 beschreibt im Prätest die Unmöglichkeit eines Beweises aufgrund fehlender Kontrollmöglichkeiten, schränkt sie jedoch zu „so gut wie unmöglich“ ein. Prinzipiell scheint ihm ein Beweis demnach nicht unmöglich zu sein:

> *Nein, da Faktoren, wie Temperatur, Konzentration, Luftfeuchtigkeit usw. eine große Rolle spielen, welche die Ergebnisse beeinflussen können. Um immer wieder die gleichen Ergebnisse zu erzielen, müssen also auch immer die von außen mitwirkenden/beeinflussenden Faktoren zu 100 % gleich sein. Diese identischen Bedingungen für die verschiedenen Versuche zu schaffen, ist so gut wie unmöglich. (HI64, Prätest)*

Im Posttest hingegen beschreibt er die Möglichkeit eines Beweises über Versuche und Gegenversuche:

> *Durch die Versuche von verschiedenen Faktoren, wie z. B. die Siedetemperatur und möglichen Gegenversuchen. (HI64, Posttest Frage 1)*
>
> *Wie bereits erwähnt, durch verschiedene Faktoren, die alle auf ein konkretes Ergebnis zielen. (HI64, Posttest Frage 2)*

Die Antwort des Schülers fällt an dieser Stelle relativ knapp aus, sodass eine Bewertung in fachlich angemessen oder nicht angemessen schwierig zu treffen ist. Aufgrund der Nennung von Versuchen und Gegenversuchen, also einer Art Falsifikation, sowie der Wortwahl des „auf ein Ergebnis zielen“, welches keinen Beweis impliziert, wurde dieser Schüler bei Einschränkt kategorisiert.

Eine Beibehaltung der Kategorie Eingeschränkt ist zwar über die Konzeption nicht wünschenswert, jedoch stellt sie eine Ausgangsbasis für Veränderungen dar: Schüler, die sich der Antwort und damit ihres Konzeptes nicht sicher sind bzw. keinen klaren Standpunkt vertreten, können von diesem Standpunkt aus zum Nachdenken und Reflektieren angeregt werden. Dass dieses Reflektieren explizit angeregt und vermutlich inhaltlich unterstützt werden muss, zeigt die Tatsache, dass die Schüler bei Eingeschränkt bleiben, obwohl sie während der Konzeption Antwort A als bewiesen ansehen. Dies ist gerade bei Schüler HI64 hervorzuheben, dessen Kriterien für den Beweis von Erkenntnissen (identische Bedingungen, Wiederholungen eines Experiments) auf das Vorgehen während der Konzeption nicht zutreffen. Offenbar liegen bei ihm verschiedene Vorstellungen parallel zueinander vor, sodass er evtl. für den Chemieunterricht andere Kriterien anwendet als in Bezug auf die wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung.

Eingeschränkt → Nein

Von den Kombinationen, in denen ein Wechsel stattfindet, wird dieser mit vier Schülern am häufigsten realisiert. Schüler LP09 ist im Prätest bei Eingeschränkt kategorisiert worden, da er die Beweisbarkeit von Erkenntnissen anführt, jedoch auch die allgemeine Gültigkeit in Frage stellt:

> *Ich denke schon, dass man Erkenntnisse beweisen kann, denn es gibt in der Natur viele Regelmäßigkeiten. Es ist eine andere Frage, wie weit diese Erkenntnis-*

> *se gültig sind, denn auf anderen Planeten ist es vorstellbar, dass es anders funktioniert. (LP09, Prätest)*

Im Posttest hingegen führt er explizit die Möglichkeit der Falsifikation an:

> *Man kann Erkenntnisse mit Experimenten beweisen. Wie weit sie jedoch Gültigkeit haben, kann variieren, da sie theoretisch immer widerlegt werden können. (LP09, Posttest)*

In den Videos kann bei diesem Schüler ein Hinweis auf einen Wechsel aufgrund der Konzeption gefunden werden: Trotz nur eingeschränkt anerkannter Vorstellung im Prätest sagt er während des letzten Lernimpulses, dass er nicht glaube, dass die Auswahlantwort bewiesen, sondern lediglich eine Schlussfolgerung aus ihren Ergebnissen sei. Die im Posttest genannte Äußerung, dass Erkenntnisse bewiesen werden können, wird auch hier im Sinne einer Stärkung gesehen, da direkt darauf die Möglichkeit der Falsifikation folgt. Bestätigt wird diese Deutung über Aussagen zur ersten Frage:

> *Diese [These, Anm. d. Autorin] gilt nur solange, bis sie von anderen Wissenschaften/ Personen durch Gegenexperimente widerlegt wird. (LP09, Posttest)*

Ein weiteres Beispiel ist der Schüler AK51, der jedoch über eine andere Begründung argumentiert: Im Prätest wird er bei Eingeschränkt einsortiert, da er zwar von der Möglichkeit eines Beweises ausgeht, es jedoch aufgrund fehlenden Wissens der Menschen für schwierig hält, „etwas endgültig und unumstößlich zu beweisen". Im Posttest dagegen sagt er klar, dass ein endgültiger Beweis nicht möglich ist:

> *Man kann nie etwas 100 % beweisen, nur zu 99 %. Öl und Wasser mischen sich nicht, okay, sieht man, aber ist es dadurch 100%ig bewiesen, passiert nicht auf Nanoebene etc. doch irgendwas? Man kann sich nie sicher sein. Daher kann man in der Naturwissenschaft auch nie Erkenntnisse richtig sicher beweisen. (AK51, Posttest)*

Auch hier argumentiert der Schüler über fehlendes Wissen und fehlende Technik, beschreibt diese jedoch nicht als vorläufig fehlend, sondern ganz klar in dem Sinne, dass daher nie etwas endgültig bewiesen sein kann.

Mit vier Schülern ist diese Kategorie die zweithäufigste, in der ein Wechsel stattfindet. Obwohl die Stichprobe zu gering für statistische Aussagen ist, kann die These aufgestellt werden, dass gerade unsichere Schüler bzw. Schüler mit einer Art Hybridkonzept über die Konzeption dazu angeregt werden, ihre Vorstellung in Richtung der Kategorie Nein zu verändern.

Nein → Eingeschränkt

Schüler EV23 wechselt von Nein zu Eingeschränkt und verzeichnet somit einen nicht intendierten Wechsel. Im Prätest beschreibt er in Frage 1 einen Weg naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung differenziert:

> *Zu Beginn stellt man eine Theorie auf. Diese wird dann versucht, mit allen möglichen Erkenntnissen, die bislang erlangt wurden, zu widerlegen. Ist dies in*

> *keinster Weise möglich, so muss die Theorie als wahr angenommen werden. (EV23, Prätest, Frage 1)*

Frage 2 bejaht er und schreibt unter anderem:

> *Man beweist seine Theorie anhand schon vorhandener Erkenntnisse. Dabei kann man zeigen, dass andere Erkenntnisse diese Theorie unterstützen oder diese nicht widerlegt wird. (EV23, Prätest, Frage 2)*

Im Posttest beschreibt er einen Standpunkt sehr viel kürzer mit:

> *1. Beweis der These mit bisher schon gewonnenen Erkenntnissen oder*
>
> *2. Widerlegung aller anderen Möglichkeiten, mögen sie noch so unwahrscheinlich sein. (EV23, Posttest)*

Ob tatsächlich eine Veränderung im negativen Sinne stattgefunden hat oder ob lediglich die verkürzte Beschreibung zu einer anderen Kodierung führt, ist an dieser Stelle nicht eindeutig zu sagen. Hinweise auf letztere Erklärung ist die Ähnlichkeit der Antworten in Prä- und Posttest, die sich jedoch in wichtigen Begriffen unterscheiden, wie dem Unterschied zwischen Beweis und Unterstützung. Weiterhin zeugt die Antwort in Frage 1 des Prätests von einer anerkannten und differenzierten Vorstellung (- trotz nicht anerkannter Verwendung des Theoriebegriffs), sodass eine Veränderung im negativen Sinne hier als wenig wahrscheinlich erscheint. Während des Videos wurde der Schüler bei Eingeschränkt kategorisiert: Hier sagt er, dass das Ergebnis durch die Ergebnisse der Lernimpulse bewiesen sei. Diese Lernimpulse funktionieren über Falsifikation, jedoch benennt er dieses und das Ausschlussverfahren nicht direkt, sodass er nicht bei Nein eingeordnet werden konnte. Dennoch weist auch diese Aussage darauf hin, dass zumindest in Ansätzen ein anerkanntes Konzept vorliegt. Aufgrund der kurzen Aussagen ist eine eindeutige Kategorisierung des Schülern nur unter Vorbehalt möglich.

Nein → Nein

Vier von fünf Schülern bleiben bei der Kategorie Nein. Schüler HZ59 beschreibt im Prätest, dass Erkenntnisse über Experimente bestätigt, jedoch diese Erkenntnisse auch widerlegt werden können. Weiter führt er aus, dass er davon ausgeht, dass man „nichts festlegend beweisen“ könne. Im Posttest führt er dieses Konzept aus, indem er den wissenschaftlichen Fortschritt einbezieht:

> *Ich denke nicht, dass man es wirklich beweisen kann, nur Hypothesen aufstellen, welche aber durch Fortschritte in den Naturwissenschaften widerlegt werden könnten. (HZ59, Posttest)*

Ob diese leichte Veränderung auf die Konzeption zurückzuführen ist, bleibt offen. Festzuhalten ist aber, dass dieser Schüler im Vergleich trotz gleicher Kategorisierung eine leichte Veränderung aufweist.

Eine weitere anerkannte Vorstellung vertritt AA02 in Prä- und Posttest:

> *Man kann gar nichts beweisen, weil man niemals sagen kann, dass etwas immer oder wirklich zutrifft. Es ist lediglich möglich, Erkenntnisse für den jeweils vorhandenen Wissensstand als richtig anzuerkennen. (AA02, Prätest)*
>
> *Man kann nichts beweisen, da alles angezweifelt werden kann und eine Behauptung zwar 1000 Mal oder 1000 Jahre lang zutreffen kann, es deshalb jedoch nicht immer tun muss. (AA02, Posttest)*

Die Aussagen beschreiben das Konzept der Vorläufigkeit des Wissens und damit die Möglichkeit, dass Wissen irgendwann widerlegt werden kann. Dieser Vorstellung inhärent ist das Konzept der nicht möglichen Beweisbarkeit: Wären Erkenntnisse zu beweisen, so wären sie nicht potentiell zeitlich begrenzt anerkannt.
Drei der vier Schüler nennen auch während des Videos Antwort A als nicht bewiesen, ein Schüler äußert sich nicht. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Schüler, die von Nein bei Nein bleiben, ein relativ anerkanntes Verständnis von den angesprochenen Aspekten von NOS besitzen, welches sich bei einem Schüler im positiven Sinne entwickelte.

7.2.2 Fazit zu „Vergleich der Schülervorstellungen vor und nach der Konzeption“

Eine Konzeptentwicklung über eine implizite Thematisierung von Aspekten zu NOS ist nach aktueller Forschungslage kaum bis nicht möglich (z. B. Abd-El-Khalick 2002). Dennoch stellte Hofheinz (2008) in seiner Studie eine Veränderung der Konzepte der Schüler auch bei impliziter Thematisierung fest. Die Konzeption choice^{2}learn wurde in Anlehnung an bestimmte Aspekte einer naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung konzipiert (Austausch im Team, mehrere konkurrierende Thesen, Schlussfolgerungen aus Evidenzen ziehen, Ausschlussverfahren etc.), jedoch werden diese nicht explizit angesprochen. Erst im letzten Lernimpuls werden die Schüler aufgefordert, über das Vorgehen sowie die Beweisbarkeit der letztendlich gewählten Antwort zu reflektieren. Dies läuft jedoch ohne weiteren Input oder Unterstützung des Lehrers ab, sodass insgesamt von keiner Konzeptentwicklung ausgegangen werden kann.
In Bezug auf die Frage 1 des Prä- und Posttests zur Art der Erkenntnisgewinnung wird tatsächlich nur eine geringe und auf bestimmte Aspekte beschränkte Veränderung deutlich: Die Kategorien Ausschlussverfahren und Falsifikation, deren Anzahl von zwei auf sechs bzw. sechs auf neun Kodierungen steigt, zeigen eine deutliche Entwicklung. Diese Kategorien sind die, die dem Vorgehen während der Konzeption am deutlichsten entsprechen, da die Lernimpulse über Falsifikation arbeiten und somit die Wahl der letztendlichen Antwort auf dem Ausschlussverfahren beruht. Insgesamt nimmt die Anzahl der Referenz auf ein oder mehrere Experimente von 21 auf 25 zu, sodass es sowohl im Prä- als auch im Posttest als das prototypische Element der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung gilt. Eine Kategorie, die eine nicht intendierte Steigerung erfährt, ist jene der Verifikation. Diese auf den ersten Blick negativ erscheinende Entwicklung muss dahinge-

hend eingeschränkt werden, dass die Verifikation zumeist gleichzeitig mit der Falsifikation genannt wird und dies bei Schülern auftritt, die zuvor keiner der beiden Kategorien zugeordnet werden konnten. Das heißt, dass sie von einer relativ undifferenzierten Sicht wie beispielsweise der Referenz auf Experimente auf rationale Aspekte oder auf Forschung im Allgemeinen im Nachtest eine differenziertere Sicht vertreten, indem sie von potentiellen Verifikationen oder Falsifikationen sprechen. Diese differenziertere Sicht darf an dieser Stelle nicht unreflektiert bleiben, sondern muss während der eigentlich folgenden Phase der Unterrichtskonzeption - der Reflexion - ausführlich besprochen und kritisch diskutiert werden. Ob diese Veränderung eine positive Ausgangsbasis für eine weitere Entwicklung oder eher ein Hemmnis aufgrund eines nicht anerkannten Konzepts darstellt, müsste in einer Folgestudie analysiert werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Konzeption in Bezug auf die Kategorien These/n, Frage/n, soziale Aspekte keinen (deutlichen) Einfluss hat. Deutlichen Einfluss hat sie auf die Aspekte des Ausschlussverfahrens sowie auf die Falsifikation, deren Häufigkeiten vom Prä- zum Posttest steigen. Diese Tendenz wird auch über die Gespräche in den Videos gestützt. Es zeigt, dass die Reflexion einer - nicht explizit thematisierten - Vorgehensweise eine Konzeptentwicklung initiieren kann. Die Zunahme der Kategorie Verifikation kann zusammen mit der geringer werdenden Kodierung der Kategorie Forschung als Zeichen für eine differenziertere - jedoch nicht anerkannte - Sicht der Art der Erkenntnisgewinnung gewertet werden. Ebenso ist eine leichte Veränderung der Vorstellungen in Bezug auf Experimente zu erkennen, die aufgrund der Tatsache, dass gerade die Empirie ein Kennzeichen der Chemie als Naturwissenschaft ist, positiv zu werten ist.

Eine deutlichere Veränderung wird in der zweiten Frage des Prä- und Posttests deutlich, in der die Beweisbarkeit von Erkenntnissen und damit auch indirekt die Vorläufigkeit von Wissen angesprochen wird. 14 Schüler bleiben bei ihrer Vorstellung, dass Erkenntnisse nicht, wohl oder eingeschränkt beweisbar sind. Innerhalb der Kodierungen werden leichte Veränderungen deutlich, die oben diskutiert werden. Drei Schüler verzeichnen eine negative Entwicklung: Sie wechseln von Eingeschränkt zu Ja (2) bzw. von Nein zu Eingeschränkt (1); bei letzterem ist die Aussagekraft des Ergebnisses jedoch eingeschränkt, da er sich während des Videos sowie im Posttest nur sehr kurz äußert. Zehn Schüler wechseln ihr Konzept in positiver Weise, wobei diese Wechsel von Ja zu Eingeschränkt (1), Ja zu Nein (5) und Eingeschränkt zu Nein (4) realisiert werden. Hervorzuheben sind hier die fünf Schüler, die mit einem Wechsel von Ja zu Nein eine starke Konzeptentwicklung durchlaufen. Dies zeigt, dass eine implizite Thematisierung mit anschließender Reflexion durchaus sogar eine starke Konzeptentwicklung initiieren kann, die auch nach ca. sechs Wochen noch vorhanden ist. Sechs der zehn Schüler, die eine positive Konzeptentwicklung durchlaufen, zeigen Hinweise, dass sich ihr Konzept aufgrund der Konzeption ändert, da sie im letzten Lernimpuls ein anderes Konzept als im Prätest aufweisen. Drei

Schüler äußern sich während des Lernimpulses nicht, sodass hier keine Aussage möglich ist.
Insgesamt wird die These, dass eine Konzeptentwicklung in Bezug auf NOS nicht initiiert werden kann, nicht bestätigt. Deutlich wird zwar, dass über das Verfahren im Sinne einer impliziten Thematisierung sowie der hier lehrerunabhängigen Reflexion teilweise keine oder in geringem Maße negative Entwicklungen vorzufinden sind. Dies bestätigt die Forschungslage dahingehend, dass gerade komplexe Themen wie NOS einer expliziten Thematisierung bedürfen. Eine positive Konzeptentwicklung ist jedoch in bestimmten Bereichen zu erkennen: So zeigt sich in den Kategorien Falsifikation und Ausschlussverfahren sowie in Bezug auf die Beweisbarkeit von Erkenntnissen eine positive Veränderung der Vorstellungen. Die Schüler erkennen Falsifikation und Ausschlussverfahren und übertragen dies erfolgreich auf eine Art der Erkenntnisgewinnung in der Wissenschaft. Über diese Erkenntnisse wird deutlich, dass das methodische Vorgehen im Chemieunterricht durchaus Einfluss auf die Vorstellungen der Schüler hat und bestätigt damit die Kritik am häufig durchgeführten Chemieunterricht, der über eine zu bestätigende These verläuft.

7.3 Zur Güte der Ergebnisse

Die Ergänzungsstudie begann erst nach der Hauptstudie, da sich erstere aus letzterer ergab. In weiten Teilen der Datenaufbereitung sowie der Datenanalyse verliefen beide Fallstudien parallel. Insgesamt gelten für die Ergänzungsstudie die gleichen Kriterien wie für die erste. Da auch die Realisierung der Ergänzungsstudie in ihrem Vorgehen der der Hauptstudie entspricht, sei an dieser Stelle auf Kapitel 6.6 verwiesen.
In besonderer Weise ist hier die Konstruktvalidität zu diskutieren. Über die zwei Fragen zu NOS wird nicht angestrebt, das komplexe und in sich stark differente Konstrukt NOS in Gänze zu erfassen. Viel mehr wird auf zwei Aspekte fokussiert: die Art der Erkenntnisgewinnung sowie die Beweisbarkeit von Erkenntnissen. Die zwei offenen Fragen zur Erhebung der Vorstellungen wurden ebenfalls in zyklischem Verfahren (weiter-)entwickelt sowie von Experten validiert. Sie wurden bewusst in offener Form gestellt, da gerade eine Multiple-Choice-Aufgabe bei solch komplexen Themen die Gefahr einer Lenkung beinhaltet. Weiterhin zeigte sich, dass gerade bei geschlossenen Fragen zu NOS die eigentlichen Vorstellungen der Schüler nicht korrekt erfasst werden können (Aikenhead, Ryan & Desautels, 1989). Um in der Ergänzungsstudie konkretere Aussagen zu machen, ist es denkbar, kleinschrittigere Fragen zu stellen sowie die Fragen in Form von Interviews zu validieren. Auf dieses Vorgehen wurde aus pragmatischen Gründen verzichtet. Das Vorgehen der Datenaufbereitung sowie der Datenanalyse erfolgte analog zu der in der Hauptstudie, sodass dieses an dieser Stelle nicht weiter diskutiert wird.

8 Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht die Veränderungen alternativer Schülervorstellungen sowie die einhergehenden Gesprächs- und Argumentationsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice^{2}learn. Begründen lässt sich diese Thematik auf Basis der konstruktivistischen Auffassung des Lernens sowie dem daraus resultierenden Phänomen häufiger und stabiler fachlich nicht anerkannter Vorstellungen: Obwohl seit Jahrzehnten alternative Schülervorstellungen erhoben werden und deren Einfluss auf den Lernprozess als immens anerkannt ist (Vosniadou 2008), ist der konkrete Umgang mit ihnen in der unterrichtlichen Praxis bis heute nur in Ansätzen thematisiert und untersucht worden (z. B. Ebenezer et al. 2010).

Eine Möglichkeit für die unterrichtliche Einbettung von Schülervorstellungen bietet choice^{2}learn - eine flexibel einzusetzende, zeitlich auf eine Doppelstunde begrenzte sowie auf Basis empirisch erhobener Schülervorstellungen entwickelte Unterrichtskonzeption, deren Ziel es ist, Konzeptentwicklungs- sowie Gesprächsprozesse zu initiieren (Marohn 2008a). Gerade das Sprechen und Argumentieren über eigene sowie fremde Vorstellungen kann im Sinne eines *arguing to learn* den Schülern helfen, eigene Vorstellungen zu reflektieren sowie im Anschluss zu verändern und sich so dem fachlich anerkannten Konzept anzunähern (Andriessen 2006).

8.1.1 Konzeptioneller Teil

Entwicklung der Lernmaterialien

Der erste Teil der Arbeit besteht aus der Entwicklung von Lernmaterialien zu der Konzeption choice^{2}learn. Diese Materialien wurden in Anlehnung an das Prinzip des *design-based-research* im zyklischen Verfahren aus Erprobung, Erforschung und Weiterentwicklung konzipiert. Jedes Lernmaterial enthält einen alltagsnahen Kontext, in den eine auf empirischen Daten beruhende Multiple-Choice-Aufgabe eingebettet ist, welche die häufigsten alternativen Schülervorstellungen als Distraktoren beinhaltet. Diese Multiple-Choice-Aufgabe wird von den Schülern im Rahmen der Konzeption in Einzelarbeit bearbeitet. Auf Basis der angekreuzten Antworten werden im folgenden Schritt Kleingruppen von drei bis vier Schülern zusammengesetzt, sodass sich möglichst Schüler mit unterschiedlichen Vorstellungen in einer Gruppe treffen. Das Ziel dieser Gruppen ist es, mit Hilfe von Lernimpulsen bestimmte Antworten auszuschließen und sich so am Ende über das Ausschlussverfahren für die fachlich anerkannte Auswahlantwort zu entscheiden. Die Lernimpulse bieten den Schülern beispielsweise Experimente, Modelle oder Fragestellungen an, mit deren Hilfe jeweils eine Antwort geschwächt werden kann. Nach dieser Gruppenphase folgt im Plenum eine Reflexion sowohl über Erkenntnisweg als auch über

das Ergebnis sowie anschließend eine Transferaufgabe in Partnerarbeit. Die Reflexion und die Transferaufgabe wurden aufgrund des Fokus der Studie auf die Gesprächs- und Konzeptentwicklungsprozesse während der Gruppenphase nicht bzw. verkürzt durchgeführt und daher in der vorliegenden Arbeit nicht thematisiert.
Die Erprobung der Lernmaterialien fand in ersten Schritten über die Methode des halbstrukturierten Einzelinterviews statt. Nach sukzessiver Weiterentwicklung wurden die Konzeption und die damit verbundenen Lernmaterialien im Rahmen der Pilotierung im Klassen- bzw. Kursverband eingesetzt und anschließend erneut weiterentwickelt.
Über dieses Verfahren sind Lernmaterialien zu den in der Arbeit vorgestellten Themen *Verdampfen von Eugenol* und *Lösen von Decan in Cyclodecan* entstanden sowie weiterhin die Themen *Stromfluss in wässrigen Lösungen* und *Lösen von Salz in Wasser* weiterentwickelt worden (Marohn & Egbers 2011, Marohn2012a; 2012b; Egbers, Wischerath & Marohn 2015).

Weiterentwicklung der Konzeption
Die Konzeption ging bereits zu Beginn bewusst den Weg des Ausschlussverfahrens bestimmter Antworten und stellt damit einen Gegenpol zu dem im Unterricht häufig vertretenen Vorgehen der Verifikation von Hypothesen über ein Experiment dar. Letzteres ist gerade in Bezug auf die implizit vermittelten Vorstellungen über NOS bedenklich: Die Schüler können so zu der Vorstellung gelangen, dass sich auch in der naturwissenschaftlichen Forschung Erkenntnisse über ein bestätigendes Experiment beweisen lassen (Höttecke 2008).
Die Aspekte zu NOS wurden in den ersten Versionen der Lernimpulse nicht thematisiert; erst im Laufe der Pilotierung der Hauptstudie sowie der ersten Datenaufnahmen wurde deutlich, dass es den Schülern unaufgefordert gelingt, den während der Doppelstunde gegangenen Weg des Ausschlussverfahrens zu erkennen und ihn auf eine naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu übertragen. Auf Basis dieses Zwischenergebnisses wurde ein weiterer Lernimpuls entwickelt, der die naturwissenschaftliche Vorgehensweise im Rahmen der Unterrichtskonzeption sowie die Beweisbarkeit von Erkenntnissen thematisiert. Dabei bekommen die Schüler keine Informationen, sondern werden angeregt, diese Aspekte von NOS zu reflektieren. Somit wurde neben der Entwicklung von Lernmaterialien auch die Konzeption selbst um die Reflexion zu Aspekten des Wesens der Naturwissenschaften erweitert.

8.1.2 Empirischer Teil

Das Design der Studie basiert auf der *case study research method* nach Yin (2009). Das zu analysierende Phänomen bilden die Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse der Schüler im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice^{2}learn. Die übergreifende Fragestellung von Haupt- sowie einer Ergänzungsstudie lautet:

Wie verlaufen Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice²learn?

Realisiert wurde das Design über eine Hauptstudie sowie eine in deren Verlauf entstandene Ergänzungsstudie. Für die Hauptstudie beziehen sich die angesprochenen Konzeptentwicklungsprozesse auf die inhaltliche Thematik des Verdampfens von Eugenol, für die Ergänzungsstudie auf Aspekte von NOS. Letztere hat entsprechend ihrer im Vergleich zur Hauptstudie geringeren Gewichtung nicht den Anspruch, das Phänomen der Konzeptentwicklungen zu NOS umfassend abzubilden, sondern dient als erster Einblick in dieses Phänomen.

Im Sinne Yins (2009) wurden vor Beginn der Datenaufnahme bereits eine Ideallösung der Argumentationen sowie ein auf bestehender Literatur basierendes theoretisches Vorhersagensystem über Propositionen realisiert. Die aufgenommenen Daten wurden nach der Aufbereitung beschreibend mit der Ideallösung verglichen bzw. gegen die Propositionen geprüft.

Im Folgenden werden Ergebnisse sowie methodische Hinweise zusammengefasst. Teilweise werden besondere der zehn Kleingruppen (Schl1-Schl4, LFS1-LFS4, KLS3, KLS5) fokussiert.

8.1.2.1 Konzeptentwicklungsprozesse

Bestehende Schülervorstellungen

Um die Basis für eine potentielle Veränderung bezogen auf die Materialien zur Thematik *Verdampfen von Eugenol* festzulegen, wurden anfangs die Schülervorstellungen anhand der ausgewählten Antworten der Multiple-Choice-Aufgabe sowie der genannten Begründungen analysiert. 26 von 40 Schülern wählten einen der Distraktoren. Insgesamt gelten die Distraktoren als attraktiv und valide, sodass von einer angemessenen Multiple-Choice-Aufgabe ausgegangen werden kann. Die während der Begründung für die jeweils gewählte Antwort genannten Schülervorstellungen sind zumeist konsistent mit den in der Literatur beschriebenen. Die Auswahl der Antworten sowie die während der Begründungen für die gewählte Antwort geäußerten Schülervorstellungen bzw. reflektierten Unsicherheiten zeigen, dass eine Thematisierung des Verdampfens auch in der Oberstufe notwendig und sinnvoll ist.

Veränderung von Schülervorstellungen

Die Antworten der Schüler wurden zu Beginn sowie nach der Konzeption abgefragt. 14 der 40 Schüler bleiben im Rahmen der Konzeption bei der anerkannten Antwort, 22 wechseln während der Diskussion in den Kleingruppen von einer nicht anerkannten zur anerkannten Antwort. Diese Daten bieten den ersten Hinweis, dass eine erfolgreiche Veränderung von Konzepten möglich ist.

Ein Ziel der Studie ist die Beschreibung der *Lernprozesse* - also der genaueren Betrachtung der Äußerungen der Schüler *während* der Bearbeitung der Lernimpulse. Dieses wurde besonders über die genannten Behauptungen sowie deren Stützen realisiert: Die Schüler waren während der gesamten Zeit der Gruppenarbeit aufgefordert, ihre Behauptungen - beispielsweise über Begründungen - zu *stützen*. Über das *Stützungslevel,* welches über die geäußerten Sprechakte definiert wird, wird beschrieben, inwieweit die Schüler mit anfangs nicht anerkannter Antwort die anerkannte Antwort am Ende stützen. Hier zeigen sich Unterschiede, die auch innerhalb einer Gruppe auftreten können. Nicht für alle genannten Schlussfolgerungen wurden Stützen genannt. Eine mögliche Erklärung für das fehlende Benennen einer Stütze ist die Annahme der Schüler, dass diese den Mitschülern ebenfalls bekannt sei. Ist dies der Fall, so entspricht die fehlende Benennung den Gesprächsmaximen nach Grice (1975). Trotz der teilweise fehlenden Benennung der Stützen werden die intendierten Schlussfolgerungen durch die Schüler gezogen. Insgesamt kann geschlussfolgert werden, dass die intendierte Struktur der Lernimpulse, eine Balance aus Hilfestellung und Freiraum für eigene Gedanken zu geben, im Ganzen erreicht wurde.

Da Schülervorstellungen als schwierig zu verändern gelten bzw. Schüler nach einiger Zeit in ihre alten Vorstellungen zurückfallen können, stellt sich die Frage, ob die Schüler am Ende der Konzeption von ihren Antworten überzeugt scheinen. Bei der Mehrheit der Schüler ist diese Überzeugung am Ende gegeben. In der Tendenz sind die Schüler, die ihre Antworten angemessen stützen, auch jene, die von der Antwort überzeugt sind. Ein Zusammenhang zwischen Stützungslevel und Überzeugung kann nicht erkannt werden; es besteht die Vermutung, dass rein auf Basis der genannten Stützen nicht auf die Überzeugung eines Schülers von einem Konzept geschlossen werden kann.

Um die Prozesse der Konzeptentwicklungen tiefer zu analysieren, wurden die Gesprächsverläufe über ein Kodiersystem zusammengefasst sowie anschließend anhand ihres Inhalts, der potentiellen Ursache der Konzeptentwicklung und der Unterscheidung in explizite bzw. implizite Äußerung einer Konzeptentwicklung ausführlich beschrieben. Trotz der allgemeinen Funktionalität der Lernimpulse ist kein Muster in Bezug auf die Bearbeitung zu erkennen: Die Lernwege der Schüler gestalten sich stark individuell und different: Konzeptentwicklungen

- können, aber müssen nicht während des entsprechenden Lernimpulses einsetzen,
- werden eigenständig, über Lernimpulse sowie über das Gespräch mit Mitschülern initiiert,
- können sich schrittweise äußern (erst implizit, dann explizit) oder auch direkt explizit geäußert werden,
- werden teilweise erst in der Einigung (Lernimpuls 6), Abstraktion (Lernimpuls 7) oder dem Transfer (Lernimpuls 8) benannt,
- erweisen sich dahingehend als schwierig, dass an ursprünglichen Antworten festgehalten werden kann.

Insgesamt wird die These bestätigt, dass über Aushandlung und Lernimpulse eine Konzeptentwicklung initiiert werden kann.

Umgang mit anormalen Daten

Schülervorstellungen gelten unter anderem als schwierig zu verändern, da sie sich in vielen Situationen bewährt haben. Einhergehend damit ist das Phänomen bekannt, dass anormale Daten nicht als solche wahrgenommen bzw. eher umgedeutet oder ignoriert werden, als dass Schüler ihre Konzepte verändern. Ist dies der Fall, so ist anzunehmen, dass Schüler weniger Stützen gegen die eigene Auswahlantwort als gegen die anderen Auswahlantworten liefern. Diese These konnte nicht bestätigt werden; statt dessen zeigten sich breite Varianzen in Bezug auf Anzahl und fachliche Anerkanntheit von Stützen gegen die eigene bzw. fremde Auswahlantworten. Deutlich werden hier in Bezug auf den Zusammenhang von Anzahl anerkannter Argumente und ausgewählter Antwort folgende Tendenzen:

- Schüler mit vielen fachlich anerkannten Argumenten haben anfangs die fachlich anerkannte Auswahlantwort gewählt.
- Schüler mit vielen fachlich nicht anerkannten Argumenten stehen in keinem Zusammenhang mit anfangs gewählter Auswahlantwort sowie der Gesamtzahl der von ihnen genannten Argumente.

Eine potentielle Erklärung basiert auf der Tendenz, dass Schüler mit besserer Chemienote eher die fachlich anerkannte Auswahlantwort wählen als Schüler mit weniger guter Chemienote. Möglich ist hier, dass Schüler mit anerkannter Auswahlantwort ein vergleichsweise adäquates Vorwissen besitzen, mit dessen Hilfe sie die Widersprüche, die aus den Lernimpulsen gegen bestimmte Antworten generiert werden können, erkennen. Ihnen gelingt es demnach leichter, anormale Daten wahrzunehmen und über sie Stützen gegen Auswahlantworten zu entwickeln.

Neben der Tatsache, dass anormale Daten schwierig zu erkennen sind, bieten sie jedoch auch eine Lernchance: Werden Schüler mit anormalen Daten konfrontiert, so ist ein kognitiver Konflikt möglich, der in einer Konzeptentwicklung resultieren kann. Diesbezüglich zeigt sich ein positives Ergebnis: Zehn Schülern gelingt es, auf Basis der Lernimpulse Stützen gegen die eigene Antwort *eigenständig*, das heißt ohne Hilfe der Mitschüler, zu generieren. Diese Aufgabe gilt als kognitiv anspruchsvoll, da eher Daten umgedeutet oder ignoriert werden, als dass das eigene Konzept verändert wird.

Trotz der Tendenz einiger Schüler, anormale Daten zu ignorieren bzw. umzudeuten, zeigt sich, dass über Lernimpulse sowie über Diskussionen mit Mitschülern bei der Mehrzahl der Schüler eine (periphere) Konzeptentwicklung gelingt.

In einer Reflexion der Schüler beschreiben die leistungsstarken Schüler die Lernimpulse für ihren Lernprozess als hilfreicher, während leistungsschwächere Schüler die Zusammenarbeit bzw. die Aussagen der Mitschüler als besonders hilfreich einschätzen. Wenn Schüler von den Aussagen ihrer Gruppenmitglieder profitieren, schließt sich die Frage an,

ob es eine ideale Zusammensetzung der Gruppe gibt. Anhand der vorliegenden Daten kann diese Frage aufgrund fehlender Extremgruppen nicht beantwortet werden. Es zeigt sich jedoch, dass Schüler einerseits auch Auswahlantworten, die in der Kleingruppe nicht vertreten sind, diskutieren sowie dass es auf Basis der Lernimpulse auch möglich ist, häufig vertretene Antworten auszuschließen. Somit gelingt es auch bei scheinbar nicht optimal zusammengesetzten Gruppen, die fachlich anerkannte Antwort zu erarbeiten.
Insgesamt kann die Proposition, dass Schülervorstellungen stabil und schwer zu verändern sind, bestätigt werden. Dies zeigt sich zum einen im Umgang mit anormalen Daten, zum anderen auch über das auftretende Phänomen, dass Schüler häufig trotz Ausschlusses ihrer zu Beginn gewählten, nicht anerkannten Antwort im Laufe der Diskussion zu dieser zurückkehren. Die Lernimpulse sowie die daraus resultierenden Diskussionen bieten jedoch eine Basis, um überzeugende Argumente zu generieren bzw. nachzuvollziehen, sodass eine Konzeptentwicklung deutlich wird.

Nachhaltigkeit einer Konzeptentwicklung
Die Nachhaltigkeit einer Konzeptentwicklung konnte über einen Follow-up-Test nur auf Basis einer geringen Probandenzahl untersucht werden. Hier zeigt sich, dass eine Konzeptentwicklung zumeist Bestand hat. Die Stützen für die anerkannte Antwort sind im Follow-up-Test vor allem das Ausschlussverfahren sowie die Teilchenbewegung. Gerade die Stütze des Ausschlussverfahrens inklusive des gestützten Ausschlusses der Distraktoren wurde zu Beginn der Kleingruppenarbeiten, in der die Schüler die Wahl ihrer Antwort begründen sollten, nicht genannt und ist als positive Entwicklung hervorzuheben. Kein Schüler fiel zurück in seine ursprüngliche Vorstellung, sodass im Ganzen von einer erfolgreichen, nachhaltigen Konzeptentwicklung gesprochen werden kann.

Schülervorstellungen und Bezüge zu NOS
Ohne eine Aufforderung stellen vier der zehn Gruppen Bezüge zu NOS her, beispielsweise über einen Vergleich des Vorgehens von Doppelstunde und Forschungsprozess oder über das Ausschlussverfahren als Weg, sich auf eine Antwort zu einigen. Ihnen gelingt es unaufgefordert, von der fachlichen Ebene auf die Metaebene des *Wissens über das Wissen* zu wechseln und damit die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu reflektieren.
Über den in zwei Klassen eingesetzten Lernimpuls 8 zu NOS zeigen sich zumeist angemessene Vorstellungen über Erkenntniswege und Beweisbarkeit von Erkenntnissen. Eine ausführlichere Analyse der Konzeptentwicklungen zu NOS wurde über die Ergänzungsstudie (Kap. 5.3; Kap. 7) realisiert.

8.1.2.2 Gesprächsprozesse

Gesprächsanteile

In der Analyse der Gesprächsanteile, die während der Kleingruppenarbeiten auftraten, wurde differenziert in inhaltliche, aufgabenspezifische und Off-Topic-Redeanteile. Unter *inhaltlichen* Redeanteilen werden Aussagen verstanden, die inhaltlich relevant sind, wie zum Beispiel die Bearbeitung von Lernimpulsen, die Klärung chemischer Sachverhalte unabhängig von Lernimpulsen sowie reflexive Aussagen über das eigene Wissen. *Aufgabenspezifische* Redebeiträge beinhalten dagegen beispielsweise Erklärungen zur Struktur der Aufgabe, des auszufüllenden Argumentationsbogens oder des Vorgehens sowie Diskussionen, ob ein Lernimpuls ausreichend bearbeitet sei. Im Vergleich von inhaltlicher und aufgabenspezifischer Redezeit zeigt sich, dass zwischen 77 % und 96 % der Zeit für inhaltliche Themen verwendet wird. Die Redeanteile variieren dabei schüler-, gruppen- und lernimpulsübergreifend. Die inhaltlichen Redeanteile der Gruppen liegen bei sekundengenauer Kodierung in neun Gruppen zwischen 8:25 min und 16:50 min. Die Gruppe Schl3 bildet hier eine Ausnahme mit 30:39 min. Insgesamt übersteigt die reale Redezeit diese sekundengenau kodierte Zeit deutlich - so dauern die realen Redezeiten inklusive der natürlichen Redepausen sowie Off-Topic-Zeiten zwischen 36 min und 54 min.

Die Gesprächsanteile einzelner Schüler innerhalb der Gruppen variieren stark, wobei sich die Erkenntnisse zur Rolle des „Dritten“, der sich weniger als seine Gruppenmitglieder am Gespräch beteiligt, bestätigen. Dabei sind innerhalb der Gruppen verschiedene Konstellationen der Gesprächsanteile zu erkennen:

Zwei/zwei: Jeweils zwei Schüler beteiligen sich in etwa gleichem Maße.

Eins/eins/zwei: Jeweils zwei Schüler beteiligen sich in etwa gleichem Maße, zwei weitere Schüler beteiligen sich unterschiedlich stark.

Ein/drei: Drei Schüler beteiligen sich in etwa gleichem Maße, ein Schüler weicht ab.

Diese Verteilung gibt erste Hinweise, dass trotz unterschiedlicher Verteilung Diskussionen ablaufen, an denen sich - mit einer Ausnahme - alle Schüler angemessen beteiligen. Weiterhin dominiert in keiner Gruppe ein Schüler die Gruppe.

In sechs Gruppen spiegelt sich die dargestellte Verteilung auch während der einzelnen Lernimpulse wider - die Beteiligung der einzelnen Schüler ist relativ konstant. In vier Gruppen dagegen weicht die Beteiligung in den Lernimpulsen von dem übergreifenden Gesamtmuster ab: So können auch insgesamt wenig beteiligte Schüler in einem Lernimpuls die höchste Beteiligung aufweisen. In diesen Gruppen ist die Rolle des „Dritten“ nicht so ausgeprägt bzw. variiert während der Zeit.

Auch die wenig beteiligten Schüler äußern Schlussfolgerungen oder formulieren eigenständig Sätze für den Argumentationsbogen; dieses Verhalten wird als Hinweise an-

gesehen, dass sie der Diskussion folgen. Von geringer sprachlicher Beteiligung kann entsprechend nicht automatisch auf gedanklich geringe Beteiligung geschlossen werden.
Die Bearbeitungszeit für jeden Lernimpuls variiert ebenfalls stark, wobei kein Zusammenhang zwischen Bearbeitungszeit und Erreichen der intendierten Lösung deutlich wird.

Gesprächsmuster kollaborativer Argumentationen
Aufgrund der Zahl differenter Ergebnisse werden die Wichtigsten in ihrer Tendenz im Folgenden strukturiert dargestellt.

Sprechakte
Eine Diskussion kann grundlegend nur funktionieren, wenn die Gesprächsteilnehmer aufeinander eingehen. Diese Grundlage wurde über die Bezugnahme der Schüler auf zuvor getätigte Aussagen ihrer Mitschüler quantifiziert. Mit 88 % bis 98 % beachteter inhaltlicher Sprechakte legen die Schüler eine Basis für ein erfolgreiches Gespräch; bei aufgabenspezifischen Sprechakten liegen sie - bis auf eine Gruppe mit 67 % - in ähnlichen Bereichen.
Ein Kennzeichen *argumentativer* Gespräche ist das Stützen von Behauptungen, welches zumeist über Begründungen realisiert wird. Durchschnittlich werden 67 % der zu stützenden Behauptungen tatsächlich gestützt, wobei lediglich eine Gruppe mit 44 % weit unter den Durchschnitt fällt. Unter der Beachtung der Gesprächsmaximen nach Grice (1975) kann die Anzahl an Stützen als angemessen angesehen werden. Dabei müssen jedoch von diesen Stützen Zirkelschlüsse abgegrenzt werden, die zwar formal, jedoch inhaltlich keine angemessene Stützen darstellen. Während beispielsweise die Gruppen LFS1 und LFS4 nur 2 % bzw. 4 % aller Stützen als Zirkelschlüsse realisieren, sind es in Schl2 und Schl1 12 % bzw. 28 %. In letzteren Gruppen ist zu vermuten, dass kein angemessenes Verständnis eines Arguments vorliegt.
Die Gesamtzahl der inhaltlichen Sprechakte liegt in den Gruppen zwischen 218 und 834, wobei bereits der geringste Wert positiv zu werten ist, da er über ein Schüler-Lehrer-Gespräch vermutlich nicht zu realisieren ist (vgl. Wells 1999).
Die am häufigsten kodierte Kategorie der inhaltlichen Sprechakte ist die der *zu stützenden Behauptungen*. Dies dient als Hinweis, dass auf Basis der Lernimpulse Behauptungen (auch in Form von Schlussfolgerungen) generiert werden können. Über *Aussagen* wird Wissen ausgetauscht und reflektiert, über *Fragen* werden Aspekte er- oder hinterfragt und die Zahl an *Widersprüchen*, *Verbesserungen* und *Zweifeln* zeigt die Bereitschaft, Sachverhalte und Konzepte zu hinterfragen und auszudiskutieren. Im gruppenspezifischen Vergleich prozentualer Anteile zeigen sich unter anderem folgende Tendenzen:

- In den Kategorien der Stützen, der Zustimmungen sowie der Aussagen zeigen sich große Unterschiede, während die Kategorien Zweifel, Aufforderungen und zu stützende Behauptungen in ähnlichen Bereichen liegen.
- Während in zwei Gruppen (fast) alle Fragen der Gruppenmitglieder beantwortet werden, geschieht dies in zwei anderen nur zu 60,6 % bzw. 57,4 %.
- Widersprüche und Verbesserungen werden in unterschiedlichem Maße angenommen bzw. es wird auf einem Standpunkt beharrt. Das Beharren ist einerseits ein Zeichen von keiner unreflektierten Übernahme von Standpunkten, verdeutlicht andererseits die Schwierigkeit der Veränderung von Vorstellungen.
- Austausch und Wissenskonstruktion können ko-konstruktiv erfolgen, während Widersprüche, Zweifel und Einschränkungen Einzelleistungen sind.
- Widersprüche werden zumeist gegen zu stützende Behauptungen geäußert. Dies entspricht dem Vertreten verschiedener Standpunkte. Eine Ausnahme bildet Schl3, dessen Mitglieder primär Aussagen und Behauptungen widersprechen und damit an einer gemeinsamen Wissensbasis arbeiten, aus der jedoch keine Schlussfolgerungen abgeleitet werden. Das Fehlen der expliziten Nennung bzw. weiteren Beachtung der teilweise geäußerten Schlussfolgerungen kann als Ursache gesehen werden, dass sich die Gruppe am Ende nicht für die anerkannte Antwort entscheidet sowie weiterhin zwischen den nicht anerkannten Antworten schwankt.

Fragen als Indikator für tief gehende Diskussionen

Die in der Literatur beschriebene These, dass Fragen ein Indikator für eine tief gehende Diskussion sind, wurde nicht bestätigt. Stattdessen zeigt eine anschließende Differenzierung von Fragen in sieben Subkategorien, dass lediglich zwei Arten an Fragen (Verständnis und Unbekanntes) als Indikator für diese tief gehenden Diskussionen gelten, während die fünf weiteren primär strukturierenden bzw. wiederholenden Charakter haben.

Übergreifende Bezüge

Anhand übergreifender Bezüge wurden Stringenz und Komplexität der Gespräche analysiert. Im Idealfall können übergreifende Bezüge als Hinweis für ein vernetztes Lernen gelten, indem neu erworbenes Wissen im weiteren Verlauf der Diskussion angewendet wird.

Lediglich ein Bezug wurde als Steigerung der Komplexität im Sinne einer Verknüpfung von gedanklichen Konzepten gewertet. Die restlichen übergreifenden Bezüge entstanden, da im Vorfeld eine Diskussion nicht abgeschlossen und entsprechend im weiteren Verlauf erneut aufgegriffen wurde. Diese Art der Bezüge verknüpfen keine Thematiken miteinander und stehen daher nicht für eine erhöhte inhaltliche Komplexität des Gesprächs, sondern eher für eine fehlende Stringenz der Gesprächsführung. Nur drei der zehn Gruppen fielen durch vermehrte übergreifende Bezüge in letzterem Sinne auf, sodass bei den restlichen sieben Gruppen von einer stringenten Gesprächsführung gesprochen werden kann.

Gesprächssequenzen

Neben den übergreifenden Bezügen wurden Gesprächssequenzen kodiert, die den inhaltlichen Zusammenhang von Sprechakten beschreiben. Zu einer hohen Anzahl an Gesprächssequenzen kommt es beispielsweise bei häufigen Themenwechseln oder Rückbezügen, während eine stringente Gesprächsführung in einer geringen Anzahl an Gesprächssequenzen resultiert. Dabei wurde deutlich, dass in ihren Extrema die Anzahl der Gesprächssequenzen einen Hinweis auf die Strukturiertheit der Gespräche bietet.

Gesprächsmuster

Während die Gesprächssequenzen den inhaltlichen Zusammenhang beschreiben, wird über Gesprächsmuster deren *Funktion* beschrieben: Austausch, Erarbeitung, (Er-)Klärung, Ko-Konstruktion, Konflikt und (bestätigter) Monolog. Alle Kategorien können sich auf die differenzierten Bereiche Inhalt, Bewertung oder Aufgabe beziehen sowie - außer des Monologs - als erfolgreich und nicht erfolgreich realisiert werden. Die Kategorien *erfolgreich* bzw. *nicht erfolgreich* beziehen sich dabei auf den Abschluss des angefangenen Gesprächsmusters. Wird beispielsweise ein Konflikt begonnen, so gilt das entsprechende Gesprächsmuster als erfolgreich, wenn eine einvernehmliche Lösung gefunden wurde; gibt es diese nicht, so gilt er als nicht erfolgreich.

Insgesamt wird während der Gespräche viel Zeit auf *inhaltliche* Aspekte verwendet, während der *Bewertung* der Stärke eines Arguments, wie sie während der Kleingruppenarbeiten über einen Argumentationsbogen gefordert wird, nur ein geringer Stellenwert zugeschrieben wird. Letzteres wird gestützt über die Tatsache, dass bei der Einigung am Ende der Gruppenphase die Stärke eines Arguments nahezu nicht diskutiert wird. Trotz gleicher Einführung der Aufgaben wurden in vier Gruppen vergleichsweise häufig *aufgabenspezifische* Muster kodiert. Dies weist darauf hin, dass diese Schüler sich häufiger rückversichern bzw. größere Schwierigkeiten in der Kleingruppenarbeit haben.

Insgesamt zeigen die Gruppen stark unterschiedliche Häufigkeiten der Kodierungen, wobei die Gespräche als Muster häufiger erfolgreich als nicht erfolgreich verlaufen: Die Schüler *erarbeiten* (137 erfolgreich, 46 nicht erfolgreich), *erklären* (99 erfolgreich, 26 nicht erfolgreich) und *tauschen* sich *aus* (99 erfolgreich, 8 nicht erfolgreich).

Eine Kombination von beispielsweise häufigen nicht erfolgreichen Erarbeitungen sowie geringer Anzahl erfolgreicher (Er-)Klärungen kann eine mögliche Erklärung für eine geringe Konzeptentwicklung sein.

Eine Ausnahme der Varianten bildet der *Konflikt*, der häufiger nicht erfolgreich als erfolgreich verläuft. Als Chance gesehen können Konflikte im Sinne soziokognitiver Konflikte Ausgangspunkt einer Konzeptentwicklung sein. Dass die Konflikte seltener erfolgreich als nicht erfolgreich verlaufen, bietet zum einen die Folgerung, dass der Kontext kein gänzlich geeigneter ist, um Konzeptentwicklungen anzuregen, zum anderen - positiv gedeu-

tet -, dass immerhin 22 der insgesamt 70 Konflikte erfolgreich gelöst werden, obwohl eine Konzeptentwicklung schwierig zu initiieren ist.
Die Gesprächssequenzen unterscheiden sich je nach Lernimpuls. In der Tendenz sind die Lernimpulse 1, 2, 4 und 6 geprägt vom *Austausch* von Wissen und Ideen, während in den Impulsen 3 und 5 weniger Wissensaustausch stattfindet und direkt in *Erarbeitungsphasen* übergegangen wird. Die Erarbeitungen verlaufen vergleichsweise konstant über die Lernimpulse hinweg, sodass auch während des Lernimpulses 1, in dem kein Input gegeben wird, bereits Wissen konstruiert bzw. strukturiert wird.

Interpretative Anteile
Interpretative Gespräche zeichnen sich durch Indikatoren wie dem Stellen von fachlichen Fragen und Verständnisfragen sowie dem Geben und Einfordern von Stützen aus. Hier sind drei der zehn Gruppen (Schl4, LFS3 und KLS3) hervorzuheben, die einen überdurchschnittlichen hohen Anteil der Indikatoren aufweisen. Interpretative Anteile der Gespräche gelten als potentielle Gespräche, über die Konzeptentwicklungen angeregt werden können (vgl. Kap. 8.1.2.3).

Ziele einer Diskussion
Auch das Ziel einer Diskussion bestimmt deren Verlauf: Arbeiten die Schüler eher gegeneinander und wollen die Diskussion gewinnen, indem sie die Mitschüler von ihrer Antwort überzeugen, oder arbeiten sie kollaborativ mit dem Ziel, gemeinsam die fachlich anerkannte Antwort zu erarbeiten? Um diese Ziele einer Diskussion zu ermitteln, wurden deduktiv Ziele erarbeitet sowie induktiv geprüft. Über dieses Vorgehen entstanden die Kategorien

- Gemeinsames Lernen,
- Recht haben / Gewinnen einer Diskussion,
- Abarbeiten der Aufgabe,
- Kompromissfindung.

Die Kodierung erfolgte auf Basis nicht erfolgreich verlaufender Gesprächsmuster sowie auf Basis erfolgreich gelöster Konflikte, da gerade über diese Kategorien Ziele deutlich werden.
Das Ziel einer bestimmenden Gesprächsführung *(Recht haben)* tritt in den Gruppen kaum auf, eher verlaufen die Gespräche gemeinsam und gleichberechtigt: So wurde das *Gemeinsame Lernen* in acht Gruppen kodiert. Die vergleichsweise häufige Kodierung dieser Kategorie lässt auf Interesse am eigenen und am Lernerfolg der Mitschüler schließen. Eine *Kompromissfindung* wurde nur in einer Gruppe kodiert; es scheint, dass diese Gruppe auf Konfliktvermeidung bedacht ist. Diese Konfliktvermeidung kann gruppendynamisch ein guter Weg sein, kollaborativ zu lernen. Unter Umständen behindert sie jedoch die fach-

wissenschaftliche Klärung von Sachverhalten, wenn sich entgegenstehende Konzepte nicht diskutiert werden und so nebeneinander stehen bleiben.
Das *Abarbeiten* im Sinne eines Erledigens der Aufgabe, ohne großen Wert auf eigenen Erkenntnisgewinn zu legen, wurde bei der Hälfte der Gruppen zwischen einem und drei Malen, und damit verhältnismäßig selten, kodiert. Dabei gibt es Hinweise, dass dies aufgrund von gefühltem Zeitdruck bzw. geringer werdender Motivation, aber auch aufgrund unreflektiert beharrender Mitschüler geschieht.

Tendenzen und Extrema kollaborativer Indizien
Über verschiedene Aspekte wie die Beachtung der Sprechakte, kollaborative Gesprächsmuster sowie die Kodierung des gemeinsamen Lernens wurden Extrema und Tendenzen kollaborativer Indizien tabellarisch zusammengefasst und über positive und negative Punkte quantifiziert, um die Gruppen in Bezug auf die Kollaboration charakterisieren zu können. Alle Gruppen zeigen zumindest in Abschnitten Hinweise auf kollaborative Arbeitsweisen, wobei insgesamt in unterschiedlich starkem Maße kollaboriert wird. Dabei ist die Gruppe KLS5 in negativer Weise hervorzuheben, während LFS3 und besonders KLS3 positiv zu benennen sind. Im Kapitel 8.1.2.3 wird unter anderem dieser Faktor als mögliche Bedingungen für hohen/weniger hohen Lernerfolg diskutiert.

8.1.2.3 Faktoren für hohen/weniger hohen Lernerfolg

Im Folgenden werden unter anderem die bislang beschriebenen Ergebnisse als Faktoren für hohen bzw. weniger hohen Lernerfolg untersucht und dabei um Aspekte wie die aktuelle Motivation, kognitive Leistungsfähigkeit oder das Interesse ergänzt.

Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse
Die Konfrontation mit anormalen Daten gilt als Auslöser für *tief gehende Diskussionen*, welche weiterhin als Möglichkeit der Initiierung einer Konzeptentwicklung gelten. Diese Diskussionen sind nach Wells (1999) gekennzeichnet durch Kollaboration und Dialoge. Die These, dass anormale Daten als Auslöser für ein tief gehendes Gespräch dienen, wird hier gestärkt. Dass jedoch eine tief gehende Diskussion in einer Konzeptentwicklung resultiert, wird nicht bestätigt: Schl1 und Schl3, die als Gruppen mit tief gehenden Gesprächen gelten, einigen sich am Ende auf die anerkannte (Schl1) bzw. nicht anerkannte (Schl3) Auswahlantwort. Tief gehende Gespräche können, aber müssen entsprechend nicht in einer anerkannten Konzeptentwicklung resultieren. Sie können, wie bei Schl3, auch dafür genutzt werden, Daten umzuinterpretieren, sodass diese den eigenen Vorstellungen entsprechen.
Wie aber diskutieren erfolgreich lernende Schülergruppen? Gruppen mit starker Konzeptentwicklung betätigen sich häufig in *interpretativen Gesprächen*, also Gesprächen, die geprägt sind von fachlichen Fragen und Verständnisfragen sowie dem Geben und Einfor-

dern von Stützen. Die These, dass erfolgreich lernende Gruppen Erklärungen ko-konstruieren wird teilweise bestätigt: Während drei Gruppen diesem Muster entsprechen, ko-konstruiert die Gruppe LFS1, die ebenfalls eine starke Konzeptentwicklung aufweist, kaum Erklärungen. Diese fehlenden Ko-Konstruktionen mit einhergehender starker Konzeptentwicklung sind möglicherweise über eine stark strukturierte Gesprächsweise, in der sich die Schüler stets aussprechen lassen, zu erklären.
Eine weitere Proposition lautet, dass *problemzentrierte Gespräche*, also Gespräche, in denen Widersprüche genannt und die entsprechenden Standpunkte auch verteidigt werden, eher zu einer Konzeptentwicklung führen als *assimilative Gespräche*, also Gespräche, in denen neue Informationen in bestehende Konzepten eingefügt werden, ohne diese kritisch zu hinterfragen. Diese These konnte anhand der vorliegenden Daten nicht bestätigt werden. Wird Gruppe Schl3, die in ihrer Gesprächsführung als besondere Gruppe gilt (vgl. Kap. 6.5.1), nicht beachtet, so würde die Gegenthese, dass assimilativ lernende Gruppen eine stärkere Konzeptentwicklung erleben, gestärkt: Gerade Gruppen, in denen die Schüler nicht auf ihren Standpunkten beharren, sondern Widersprüche ihrer Mitschüler relativ schnell annehmen, verzeichnen eine starke Konzeptentwicklung. Mögliche Erklärungen dafür sind zum einen eine größere Offenheit gegenüber den anderen Antworten, zum anderen die - hier nicht untersuchte - Gruppendynamik: Akzeptieren die Schüler sich gegenseitig als Personen, von denen bzw. mit denen sie lernen können, und nicht als Personen, denen gegenüber sie eine Position verteidigen müssen, so ist eine Konzeptentwicklung wahrscheinlicher.

Konzeptentwicklung und Kollaboration
Die These, dass *kollaborierende* Gruppen, also Gruppen, die unter anderem häufige Kodierungen des gemeinsamen Lernens sowie viele Bezüge und beantwortete Fragen aufweisen, eine stärkere Konzeptentwicklung erleben als wenig kollaborierende, wird nicht bestätigt. Auch Schüler in Gruppen mit monologischer Prägung des Gesprächs verzeichnen eine Konzeptentwicklung und zeigen sich am Ende von der Antwort überzeugt. Aus den vorliegenden Daten kann die These generiert werden, dass die Kollaboration als ein, jedoch nicht der allein bestimmende Faktor einer Konzeptentwicklung ist. Auch wenig kollaborierende Schüler können über nachvollziehbare und kleinschrittige Erklärungen ihrer Mitschüler Sachverhalte erlernen, sodass eher davon ausgegangen wird, dass die individuelle (sprachlich oder gedanklich) aktive oder passive Teilnahme am Gespräch ein bedingender Faktor ist.

Konzeptentwicklung und Gruppenzusammensetzung
Als ein möglicher Ausgangspunkt einer Konzeptentwicklung gilt der soziokognitive Konflikt, welcher über verschiedene Standpunkte innerhalb einer Gruppe (*konfligierende Gruppe*) ausgelöst werden kann. Die Frage, ob konfligierende Gruppen eher zu einer Kon-

zeptentwicklung gelangen als nicht konfligierende Gruppen, kann anhand der vorliegenden Daten nicht beantwortet werden, da keine Gegenüberstellung extremer Gruppen möglich ist. Deutlich wird jedoch, dass auch Gruppen, in denen sich zu Beginn kein Schüler für die anerkannte Auswahlantwort entschieden hat, am Ende die fachlich anerkannte Lösung erarbeiten können. Weiterhin gelingt es auch Gruppen, in denen ein Vertreter einer fachlich nicht anerkannten Antwort fehlt, diese zu beachten, zu diskutieren und auszuschließen. Entsprechend zeigt sich, dass auch ohne konfligierende Gruppenzusammensetzung eine Konzeptentwicklung möglich ist.
Wird die Frage nach dem Erfolg konfligierender bzw. nicht konfligierender Gruppen in das Zentrum einer Arbeit gestellt, so wäre es sinnvoll, die Gruppen entsprechend zusammenzusetzen.

Konzeptentwicklung und Motivation
Über den Fragebogen zur *aktuellen Motivation* wurden diese sowie die zugrundeliegenden Bereiche der Erfolgserwartung, Misserfolgsbefürchtung, Herausforderung sowie des Interesses erhoben.
Auch Gruppen mit geringer Motivation gelingt es, eine Konzeptentwicklung zu erleben, wobei sie jedoch im Vergleich zu motivierten Gruppen ein geringeres Stützungslevel erreichen. Anhand der der aktuellen Motivation zugrundeliegenden Bereiche wurden weitere Zusammenhänge untersucht: Über die Daten kann die These generiert werden, dass eine Beteiligung am Gespräch nicht von der Motivation als Ganzes, sondern besonders von der *Misserfolgsbefürchtung* abhängt und diese weiterhin als bedingender Faktor einer Konzeptentwicklung gesehen werden kann. Ein Zusammenhang aus *Interesse* und Konzeptentwicklung konnte nicht festgestellt werden. Die These, dass Schüler, die sich auf mittlerem Niveau *herausgefordert* fühlen, die stärkste Konzeptentwicklung erleben, konnte nicht bestätigt werden. In der Tendenz sind es eher die Schüler mit gering gefühlter Herausforderung, die ihre Vorstellungen stark verändern.

Konzeptentwicklung und Chemie-/Deutschnote
Die Chemienote gilt als Indikator für ein adäquates Vorwissen der Schüler, welches weiterhin als bedingender Faktor einer Konzeptentwicklung gilt. Die entsprechende These wird bestätigt: Schüler mit adäquatem Vorwissen erreichen eine stärkere Konzeptentwicklung als Schüler mit nicht adäquatem Vorwissen.
In Bezug auf die Deutschnote wurde ein Zusammenhang zu den genannten Stützen gefunden: Gruppen mit guter Deutschnote tätigen viele Stützen sowie wenige Zirkelschlüsse, während Gruppen mit weniger guter Deutschnote wenige Stützen und viele Zirkelschlüsse tätigen. Entsprechend kann die Deutschnote mit der möglicherweise korrelierenden Fähigkeit, angemessene Stützen zu generieren, ein bedingender Faktor für eine Konzeptentwicklung sein.

Konzeptentwicklung und kognitive Fähigkeiten

Kognitiv leistungsfähige Schüler in Bezug auf non-verbale Fähigkeiten (Subskala N2) zeigen eine stärkere Konzeptentwicklung als kognitiv weniger leistungsfähige Schüler in Bezug auf non-verbale Fähigkeiten. Dieser Zusammenhang gilt nicht für die Subskala V2, über die verbale Fähigkeiten erhoben werden. Hier ist kein Zusammenhang zu erkennen.

8.1.2.4 Konzeptentwicklungen zu NOS

Schülervorstellungen zu NOS

Die Schüler zeigen im Prätest stark unterschiedliche Vorstellungen, die zum Teil anerkannt, in der Mehrheit jedoch nicht anerkannt sind. Der Vergleich der beiden Fragen zeigt, dass in Bezug auf die Angemessenheit der Vorstellung keine Konsistenz vorliegen muss: Neben Schülern, die in beiden Fragen fachlich anerkannt oder nicht anerkannt antworten, gibt es auch Schüler, die in einer Frage ein anerkanntes Konzept aufweisen, in der anderen jedoch nicht.

Veränderung von Schülervorstellungen zu NOS

Zur Beweisbarkeit der letztendlichen Antwort äußern sich während der Gruppenphase im letzten Lernimpuls 15 Schüler verneinend, zwei wurden der Kategorie *Eingeschränkt* zugeordnet, sieben der Kategorie *Ja*. Insgesamt zeigt dies ein positiveres Bild als im Prätest, sodass davon ausgegangen werden kann, dass in der konkreten Anwendung im Rahmen eines Lernimpulses eine anerkanntere Vorstellung vorliegt als im abstrakten Kontext der Forschung (Prätest). Den Schülern gelingt es weiterhin in Frage 2 zumeist, das Verfahren der Doppelstunde (Falsifikation/Ausschlussverfahren) zu erkennen und auf das Vorgehen in der naturwissenschaftlichen Forschung zu übertragen. Diese Ergebnisse gelten als Hinweis darauf, dass zumindest einige Aspekte des NOS über ein implizites Vorgehen sowie eine anschließende, unabhängig vom Lehrer stattfindende Reflexion vermittelt werden können.

Über den Vergleich von Prä- und Posttest sowie unter Berücksichtigung der Videos kann die These einer nicht gelingenden Konzeptentwicklung nicht bestätigt werden: Trotz lediglich impliziter und anschließend reflektierender Vermittlung ist eine Konzeptentwicklung zu erkennen, die sich jedoch nur in bestimmten Bereichen zeigt: In Bezug auf die Frage des Erkenntnisweges steigt die Häufigkeit der Kodierungen *Falsifikation* und *Ausschlussverfahren*, was auch über die Gespräche im letzten Lernimpuls gestützt wird. Ebenfalls wird eine positive Veränderung in Bezug auf die *Beweisbarkeit* von Erkenntnissen sichtbar. Über dieses Ergebnis wird deutlich, dass das methodische Vorgehen im Chemieunterricht durchaus Einfluss auf die Vorstellungen der Schüler hat und bestätigt damit die Kritik am häufig durchgeführten Chemieunterricht, der über eine zu bestätigende These verläuft.

8.1.2.5 Zusammenfassende Tendenzen in Bezug auf erfolgreiche und weniger erfolgreiche Konzeptentwicklungen

Ein mögliches Ziel qualitativer Studien ist die Typenbildung als Fazit der Analyse. Diese Typenbildung war nicht Ziel der vorliegenden, primär deskriptiven Arbeit, dennoch sollen Tendenzen erläutert werden: Wird die Datenmenge auf die Gruppen mit starken und weniger starken Konzeptentwicklung sowie auf die bedingenden Faktoren reduziert, so ergibt sich folgende Tabelle:

Tab. 102: Tendenzen erfolgreich/weniger erfolgreich lernender Gruppen

Gruppe	Motivation	Kognitive Fähigkeiten (N2)	Chemienote	Deutschnote	Ko-Konstruktive Anteile [%]	Interpretative Anteile [%]
Schl4	-o	-o	2,25	3	5	15
LFS1	o+	+	2,25	2,25	0*	12
Schl3	o+	-o	2,25	3	2	13
KLS5	o+	o+	2	3,25	1	10

Legende:
-o = gering motiviert
o+ = motiviert

*: Besonderheit einer stark strukturierten Gesprächsführung, in der sich die Schüler konsequent aussprechen lassen. Da Ko-Konstruktionen häufig über Ergänzungen nicht abgeschlossener Sätze erfolgt, ist dieses Phänomen hier nicht zu erkennen. Das Ergebnis gilt als eingeschränkt vergleichbar.

Die zwei Gruppen Schl4 und LFS1 mit starker Konzeptentwicklung zeigen bereits differente Werte: Während Schl4 wenig motiviert und vergleichsweise wenige Punkte in der Subskala N2 des kognitiven Fähigkeitstest aufweist, sind hier viele Ko-Konstruktionen und interpretative Anteile zu erkennen. LFS1 dagegen ist hoch motiviert, erreicht eine hohe Punktzahl im KFT (N2), weist jedoch keine Ko-Konstruktionen und einen durchschnittlichen Wert interpretativer Anteile auf. Es scheint somit, dass ein hoher interpretativer Anteil des Gesprächs negative Faktoren ausgleichen kann. Auch die gegenläufige Tendenz ist zu erkennen: In Gruppe KLS5 wird eine starke Konzeptentwicklung trotz hoher Motivation und hoher Werte im KFT nicht erreicht. Eine mögliche Erklärung dafür sind die geringen interpretativen und ko-konstruierenden Anteile. Liegen die ko-konstruierenden und interpretativen Anteile in etwa durchschnittlichem Bereich, wie bei LFS1 und Schl3, so ist bei LFS1 mit höherer Motivation und besserer Deutschnote eine stärkere Konzeptentwicklung zu erkennen. Über diese Gegenüberstellung kann kein eindeutiges Ergebnis abgeleitet werden. Sollen dennoch Thesen über erfolgreich und weniger erfolgreich lernende Typen aufgestellt werden, so wären es folgende:

Vermutet werden kann, dass Ko-Konstruktionen und interpretative Anteile mit einer erfolgreichen Konzeptentwicklung zusammenhängen. Über diese Faktoren können auch

andere negative Voraussetzungen ausgeglichen werden. Es kann die These generiert werden, dass das Gespräch sowie die Gesprächsführung einen starken Anteil am Lernerfolg der Schüler hat. Über diese Thesen wäre folgende zwei Typen an Schülergruppen denkbar:

Typ A - Erfolgreiche Schülergruppen in Bezug auf eine Konzeptentwicklung
Erfolgreiche Schülergruppen in Bezug auf eine Konzeptentwicklung zeichnen sich

a) durch viele Ko-Konstruktionen, also viele gemeinsame Erarbeitungen und Formulierungen, sowie über einen hohen Anteil interpretativer Gesprächsabschnitte aus. Über diese Gesprächsführung können negative Faktoren wie eine geringe Motivation oder eine vergleichsweise geringe kognitive Leistungsfähigkeit ausgeglichen werden.
b) durch durchschnittlich viele Ko-Konstruktionen und interpretative Anteile aus. Diese durchschnittlichen Faktoren in Kombination mit positiven Faktoren wie einer hohen Motivation, einer hohen kognitiven Leistungsfähigkeit sowie einer guten Deutschnote können zu einer erfolgreichen Konzeptentwicklung führen.

Typ B - Weniger erfolgreiche Schülergruppen in Bezug auf eine Konzeptentwicklung
Weniger erfolgreiche Schülergruppen in Bezug auf eine Konzeptentwicklung zeichnen sich

a) durch einen geringen Anteil ko-konstruierender und interpretativer Gesprächsabschnitte aus. Diese Faktoren können nicht über positive Faktoren wie eine hohe Motivation oder eine hohe kognitive Leistungsfähigkeit ausgeglichen werden.
b) durch einen durchschnittlichen Anteil ko-konstruierender und interpretativer Gesprächsabschnitte aus. Bei weiteren negativen Faktoren wie geringer kognitiver Leistungsfähigkeit ist eine erfolgreiche Konzeptentwicklung nur schwer möglich.

Inwieweit diese Thesen bestätigt werden, müsste im Sinne der Replikationslogik in weiteren Studien überprüft werden. Dabei wäre wünschenswert, dass weitere Extremgruppen gebildet werden, sodass beispielsweise mehr Gruppen analysiert werden können, die die fachlich anerkannte Antwort nicht erreichen.

8.2 Grenzen und Implikationen für zukünftige Studien

Die Grenzen bestimmter Aspekte wurden bereits während des jeweiligen Abschnitts sowie teilweise in der Zusammenfassung diskutiert; die wichtigsten sollen im Folgenden erneut aufgegriffen und näher erläutert werden.

Die vorliegenden Studien sind Einzelfallstudien, was als angemessene Form einer Studie gilt. Mehrfallstudien sind jedoch dahingehend zu bevorzugen, dass sie im Sinne einer Replikationslogik die Ergebnisse validieren können. Daher wäre es wünschenswert, die vorliegende Studie für weitere Schülergruppen - in teilweise adaptierter Form - zu wiederholen:

a) Oberstufenschüler mit der Thematik *Verdampfen von Eugenol*: Über die neuen Gruppen könnten weitere Extremgruppen gewonnen werden, die in diesem Durchgang nicht vorhanden waren, und somit die Erkenntnisse validiert werden.
b) Oberstufenschüler mit neuer Thematik: Die hier vorgestellte Analyse kann bei Gruppen der erarbeiteten Themen *Lösen von Decan in Cyclodecan*, *Stromfluss in wässriger Lösung* und *Lösen von Kochsalz in Wasser* durchgeführt werden. Über diese neuen Gruppen ließe sich vergleichend eine Kontextabhängigkeit der Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse analysieren.
c) Mittelstufenschüler: Gerade die Thematik des Lösens von Kochsalz in Wasser bietet sich auch für jüngere Jahrgänge an. Eine Pilotierung in einer neunten Klasse zeigte erste Hinweise, dass auch diese Schüler den komplexen Weg des vergleichsweise eigenständigen Unterrichts gehen können. Ein Unterschied liegt hier in der Intention der Konzeption, da nicht mehr bestehende, stabile Schülervorstellungen angesprochen und im Nachhinein verändert werden, sondern über die Konzeption Wissen in seinem eigentlichen schulischen Kontext erarbeitet wird.

Eine weitere Grenze wird über die Form der zwei Einzelfallstudien deutlich: Die vorliegende Arbeit wurde erst während der Datenerhebung um eine zweite Einzelfallstudie erweitert. Aufgrund pragmatischer Überlegungen schien es nicht sinnvoll, weitere Daten zur Thematik *Verdampfen von Eugenol* zu erheben, sodass sich die zweite Studie, in der Konzeptentwicklungen zu NOS analysiert werden, auf Daten des Themas *Lösen von Decan in Cyclodecan* bezieht. Die Grenze, die damit gezogen wird, ist die Vergleichbarkeit der Daten. Wird diese Studie als Ganzes adaptiert wiederholt, so ist es sinnvoll, beide Studien zu einer Einzelfallstudie zusammenzufassen. Über diesen Weg besteht die Möglichkeit, Zusammenhänge von Konzeptentwicklung und Vorstellungen zu NOS zu untersuchen.

In Bezug auf die argumentativen Fähigkeiten basiert die Studie auf wenigen Aspekten: Die Fähigkeit zu argumentieren wird primär über Zirkelschlüsse und Deutschnote beschrieben und über diese auch ein Zusammenhang zur Konzeptentwicklung erkannt. Dabei wird jedoch nicht immer deutlich, aus welchen Gründen Schüler keine Stützen für ih-

re Behauptungen nennen oder einfordern: Ist es der Gedanke, dass die Stützen allgemein bekannt sind? Oder ist es z. B. fehlende Motivation, fehlendes Fachwissen oder fehlendes Wissen über die Notwendigkeit einer Stütze? Inwieweit entsprechend allgemeine argumentative Kompetenzen und das Wissen über Argumente und Argumentationen einen Einfluss auf eine Konzeptentwicklung hat, war hier nicht Ziel der Analyse. Auch dieser Zusammenhang könnte in einer folgenden Studie fokussiert werden.
Eine sich anschließende Frage ist jene der Veränderung von Argumentationen der Schüler: Können über einen häufigeren Einsatz der Konzeption argumentative Gesprächsprozesse *verbessert* werden in dem Sinne, dass bspw. mehr Stützen und weniger Zirkelschlüsse genannt werden? Und können diese Verbesserung bereits über das alleinige Durchführen und Reflektieren erreicht werden oder ist eine explizite theoretische Thematisierung von Argumenten, Argumentationen und Argumentationsstrategien notwendig?
Wird die Konzeption von den Schülern - beispielsweise wie oben beschrieben - häufiger durchgeführt, so ist das Vorgehen den Schülern bekannt. Offen ist hier eine mögliche Veränderung von Interesse und Motivation, welche im Rahmen möglicher adaptierter Studien ebenfalls einen potentiellen Untersuchungsgegenstand darstellt.

8.3 Beitrag zur fachdidaktischen Forschung und zur schulischen Praxis

Das Ziel der Arbeit war es, die im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice^{2}learn ablaufenden Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse zu beschreiben sowie im zweiten Schritt Erklärungen für hohe bzw. weniger hohe Konzeptentwicklungen zu generieren. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden im ersten Schritt Lernmaterialien zu vier Themen (weiter-)entwickelt, die im zyklischen Verfahren erprobt und konzipiert wurden. Neben der (Weiter-)Entwicklung der Materialien wurde auch die Konzeption selbst auf Basis empirischer Erkenntnisse erweitert: Über einen letzten Lernimpuls werden der Erkenntnisweg sowie die Beweisbarkeit von Erkenntnissen als zwei Aspekte von NOS thematisiert.
Im Rahmen der Datenaufbereitung und späteren Analyse wurde ein Kodiersystem entwickelt, mit dem Konzeptentwicklungen, tabellarisch dargestellt, schnell zu überblicken sind. Neben diverser Kodierungen der Aussagen selbst werden diese über Zusätze kodiert in Hinblick auf implizite und explizite Konzeptentwicklung, auf die Intentionalität der Aussagen sowie auf die Bezüge, auf die sich eine Konzeptentwicklung zurückführen lässt. Im Rahmen dieses Kodiersystems wurden sieben Kodierleitfäden entwickelt, die auch für weitere Studien angewendet bzw. adaptiert werden können. Entsprechendes gilt für zwei weitere Kodierleitfäden in Bezug auf Konzeptentwicklungen sowie sieben Kodierleitfäden

für die Gesprächsprozesse. Letztere beschreiben Gespräche sowie Argumentationen von ihren kleinsten Analyseeinheiten - den Sprechakten - bis hin zu übergreifenden Bezügen, über die die Struktur eines Gesprächs charakterisiert werden kann. Über den Einsatz der Kodierleitfäden können Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse qualitativ und nachvollziehbar beschrieben und analysiert werden. Diese Möglichkeit der ausführlichen und strukturierten Beschreibung der Lern- und Gesprächsprozesse gilt aufgrund der bis heute überwiegenden quantitativen Analyse im Prä-Post-Design als weiterer Gewinn für eine Erkenntnisgewinnung.

Es wurde gezeigt, dass über die Konzeption choice^{2}learn kurz- und langfristige Konzeptentwicklungen sowie Gesprächsprozesse initiiert werden. Damit gelten beide Ziele der Konzeption als erreicht. Es wurde somit ein Beitrag für Forschung und Schule geleistet, indem eine Unterrichtskonzeption weiterentwickelt, Lernmaterialien ausgearbeitet und die Wirksamkeit von Konzeption in Realisierung über die Lernmaterialien empirisch geprüft wurde. Die genaue Analyse der Gesprächsprozesse liefert Hinweise auf die Wichtigkeit dieser in Bezug auf eine Konzeptentwicklung: So konnte die These generiert werden, dass gerade Gruppen mit vielen Ko-Konstruktionen und interpretativen Anteilen erfolgreiche Konzeptentwicklungen erleben.

Eine Intention dieser Arbeit war es, die Lücke zwischen fachdidaktischer Forschung und schulischer Praxis beispielhaft zu schließen. Die Datenaufnahme erfolgte im Feld, also unter realen Bedingungen. Die Ergebnisse basieren entsprechend auf Gruppen, wie sie in einer realen Unterrichtssituation auftreten. Die entwickelten Materialien wurden empirisch erprobt und über Zeitschriften- bzw. Buchbeiträge Lehrkräften zugänglich gemacht. Das intendierte Ziel einer praxisnahen Forschung kann damit als erreicht gelten.

9 Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education, 82*(4), 417–436.

Abraham, M. R. & Williamson, V. M. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(2), 147-165.

Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W. & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstanding of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(2), 105-120.

Abschlag, A. (2012). *Analyse von Gesprächsprozessen im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn“*. Universität zu Köln. Unveröffentliche Staatsexamensarbeit.

Ahtee M. & Varjola I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education, 20*(3), 305–316.

Aikenhead, G., Ryan, A., & Desautels, J. (1989). *Monitoring student views on science–technology–society issues: The development of multiple-choice items.* Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.

Akerson, V. L. & Donnelly L. A. (2010). Teaching nature of science to K-12 students: What understandings can they attain? *International Journal of Science Education, 32*(1), 97–124.

Alexander, R. J. (2008). *Towards dialogic teaching: Rethinking classroom talk.* 4. Auflage. Thirsk, England: Dialogos.

Alvermann, D. E. & Hague, S. A. (1989). Comprehension of counterintuitive science text: Effects of prior knowledge and text structure. *Journal of Education Research, 82*(4), 197–202.

Alvermann, D. E., Hynd, C. E. & Qian, G. Y (1995). Effects of interactive discussion and text type on learning counterintuitive science concepts. *Journal of Educational Research, 88*(3), 443-464.

Anderson, C. W. & Smith, E. L. (1987). Teaching science. In V. Richardson-Koehler (Hrsg.), *Educator's handbook: A research perspective* (S. 84–111). New York: Longman.

Andrews, R. (2005). Models of argumentation in educational discourse. *Text - Interdisciplinary Journal for the Study of Discourse*, *25*(1), 107–127.

Andrews, R. (2009). *Argumentation in higher education: Improving practice through theory and research.* New York: Routledge.

Andriessen, J. (2006). Arguing to learn. In R. K. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (S. 443–459). New York: Cambridge University Press. Zudem

online: http://edu.fss.uu.nl/medewerkers/ja/docs/ATL.pdf (Letzter Zugriff: 23.09.2014)

Andriessen, J., Baker, M. J. & Suthers, D. (2003). Argumentation, computer support, and the educational context of confronting cognitions. In J. Andriessen, M. J. Baker & D. Suthers (Hrsg.), *Arguing to learn: confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (S. 1-25). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Applebee, A. N., Langer, J. A., Nystrand, M. & Gamoran, A. (2003). Discussion-based approaches to developing understanding: Classroom instruction and student performance in middle and highschool English. *American Educational Research Journal, 40*(3), 685–730.

Baker, M. J. (2004). *Recherches sur l'élaboration de connaissances dans le dialogue [Research on knowledge elaboration in dialogues]. Synthèse pour l'habilitation à diriger les recherches.* Université Nancy 2.

Bakhtin, M. M. (1981). *The dialogic imagination: Four essays*. Austin: University of Texas Press.

Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education, 73*(4), 481–500.

Bar, V. & Travis, S. (1991). Children's views concerning phase changes*. Journal of Research in Science Teaching, 28*(4), 363–382.

Barke, H.-D. (2006): *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin: Springer-Verlag.

Barke, H.-D. & Schmidt, F. K. (2004). Chemische Reaktionen und physikalische Vorgänge: mit untauglichen Schubladen zur Nulleffizienz. *Der mathematischen und naturwissenschaftliche Unterricht, 57*, 46-50.

Beerenwinkel, A. (2006). Forstering Conceptual Change in chemistry classes using expository texts. Bergische Universität Wuppertal. http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbg/paedagogik/diss2006/beerenwinkel (Letzter Zugriff: 20.09.2014)

Bell, R. L. (2006). Perusing Pandora's box: Exploring the what, when, and how of nature of science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific inquiry and nature of science* (S. 427–446). Dordrecht, Niederlande: Springer.

Bereiter, C. (2002). Design research for sustained innovation*. Cognitive Studies, Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society, 9*(3), 321-327.

Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1993). *Surpassing ourselves: An inquiry into the nature and implications of expertise.* Illinois: Open Court Publishing Company.

Berland, L. K. & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching, 49*(1), 68–94.

Berland, L. K. & Reiser, B. J. (2011). Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education, 93*(1), 26-55.

Berland, L. K. & Lee, V. (2012). In pursuit of consensus: Disagreement and legitimization during small-group argumentation. *International Journal of Science Education, 34*(12), 1857–1882.

Beveridge M. (1985). The development of young children's understanding of the process of evaporation. *British Journal of Educational Psychology, 55*(1), 84–90.

Bielaczyc, K., Pirolli, P. L. & Brown, A. L. (1995). Training in self-explanation and self-regulation strategies: Investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem solving. *Cognition and Instruction 13*(2), 221–252.

Biggs, J. (1985). The role of metalearning in study processes. *British Journal of Educational Psychology, 55*(3), 185–212.

Binnewies, M., Jäckel, M. Willner, H &. Rayner-Canham, G. (2004). *Allgemeine und anorganische Chemie*. München: Elsevier GmbH.

Blanco, A. & Prieto, T. (1997). Pupils' views on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: A cross-age study (12–18). *International Journal of Science Education, 19*(3), 303–315.

Bodner, G. M. (1991). I have found you an argument. The conceptual knowledge of beginning chemistry graduate students. *Journal of Chemical Education, 66*(5), 385–388.

Borsese, A., & Leite, L. (2007). Teachers' and prospective teachers' explanations of liquid-state phenomena: A comparative study involving three European countries. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(2), 349–374.

Borsese, A., Lumbaca, P. & Pentimalli, R. (1996). Investigación sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los estados de agregación y los cambios de estado. *Enseñanza de las Ciencias, 14*(1), 15–24.

Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (Hrsg.) (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington DC: National Academy Press.

Bridle, C. A. & Yezierski, E. J. (2012). Evidence for the effectiveness of inquiry-based, particulate-level instruction on conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education, 89*, 192–198.

Brook, A., Briggs, H. & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter.* Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.

Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher, 18*(1), 32–42.

Burger, N. (2000). Vorstellungen von Schülern über Elektrochemie. Universität Dortmund. http://d-nb.info/960482725/34 (Letzter Zugriff: 20.09.2014)

Butts, W. & Smith, R. (1987). What do students perceive as difficult in HSC Chemistry? *Australian Science Teachers' Journal, 32*, 45–51.

Calik, M. (2005). A cross-age study of different perspectives in solution chemistry from junior to senior high school. *International Journal of Science and Mathematics Education, 3*(4), 671–696.

Calik, M. & Ayas, A. (2005a). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(6), 638-667.

Calik, M. & Ayas, A. (2005b). A cross-age study on the understanding of chemical solutions and their components. *International Education Journal, 6*(1), 30-41.

Canpolat N. (2006). Turkish undergraduates' misconceptions of evaporation, evaporation rate, and vapour pressure. *International Journal of Science Education, 28*(15), 1757–1770.

Caravita, S. & Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*(1), 89–111.

Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood.* Cambridge, MA: MIT Press.

Carson, E. M. & Watson, J. R. (2002). Undergraduate students' understandings of entropy and Gibbs free energy. *University Chemistry Education, 6*, 4–12.

Çelikten, O., & İpekçioğlu, S. (2012). The effect of the conceptual change oriented instruction through cooperative learning on 4th grade students ' understanding of earth and sky concepts. *Science Education International, 23*(1), 84–96.

Chambers, S. K. & Andre, T. (1997). Gender, prior knowledge, interest, and experience in electricity and conceptual change text manipulations in learning about direct current. *Journal of Reseach in Science Education, 34*(2), 107–123.

Chan, C. K. K. (2001). Peer collaboration and discourse patterns in learning from incompatible information. *Instructional Science, 29*, 443–479.

Chan, C. K. K., Burtis, J. & Bereiter, C. (1997). Knowledge-building approach as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction, 15*(1), 1–40.

Chang, J. (1999). Teachers college students' conceptions about evaporation, condensation, and boiling. *Science Education, 83*(5), 511–526.

Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Hrsg.), *Handbook of research on conceptual change* (S. 61–82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Chi, M. T. H. & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering Conceptual Change. Issues in Theory and Practice* (S. 3-27). Dortrecht, Boston, London: Kluwer Academics Publishers.

Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M. H. & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science, 18*(3), 439–477.

Chin, C. & Osborne, J. (2010). Supporting argumentation through students´ questions: Case studies in science classrooms. *The Journal of the Learning Sciences, 19*(2), 230-284

Chinn, C. A. & Anderson, R. C. (1998). The structure of discussions that promote reasoning. *Teachers College Record, 100*, 315–368.

Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research, 63*, 1–49.

Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching, 35*(6), 623-654.

Christen, H. R. (1978). *Chemie*. 11. Auflage. Frankfurt am Main u.a.: Verlag Moritz Diesterweg; Otto Salle Verlag.

Clark, D. B. & Sampson, V. D. (2007). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education, 29*(3), 253–277.

Clark, H. H. & Carlson, T. B. (1982). Speech acts and hearer´s beliefs. In N. V. Smith (Hrsg.), *Mutual Knowledge* (S. 1-36). New York: Academic Press.

Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Münster u.a.: Waxmann.

Clerk, D. & Rutherford, M. (2000). Language as a confunding variable in the diagnosis of misconceptions. *International Journal of Science Education*, *22*(7), 703-717.

Clough, M. P. (2010). The story behind the science: Bringing science and scientists to life in post-secondary science education. *Science & Education, 20*(7-8), 701–717.

Constantinou, C., Hadjilouca, R. & Papadouris, N. (2010). Students' epistemological awareness concerning the distinction between science and technology. *International Journal of Science Education, 32*(2), 143–172.

Coştu B., (2006). Determining students' conceptual change levels: evaporation, condensation and boiling. Karadeniz Technical University. (Unveröffentlicht)

Coştu, B. & Ayas, A. (2005). Evaporation in different liquids: Secondary students' conceptions. *Research in Science & Technological Education, 23*(1), 75–97.

Coştu, B., Ayas, A. & Niaz, M. (2010). Promoting conceptual change in first year students' understanding of evaporation. *Chemistry Education Research and Practice, 11*, 5–16.

Dawes, L. (2004). Talk and learning in classroom science. *International Journal of Science Education, 26*(6), 677–695.

Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C. & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education, 95*(6), 961–999.

diSessa, A. A (1993). Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction, 10*(2&3), 105-225.

diSessa, A. A. (2002). Why „conceptual ecology" is a good idea. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering conceptual change: issues in theory and practice* (S. 28-60). Dortrecht, Boston, London: Kluwer Academics Publishers.

Doering, E, Schedwill, H & Dehli, M. (2012). *Grundlagen der Technischen Thermodynamik. Lehrbuch für Studierende der Ingenieurwissenschaften.* Berlin: Springer.

Dogan, N. & Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching, 45*(10), 1083–1112.

Doolittle, P. E. & Gamp, W. G. (1999). Constructivism: The career and technical education perspectiv. *Journal of Vocational and Technical Education*, *16*(1), 23–46.

Dreyfus, A., Jungwirth, E. & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change – some implications, difficulties, and problems. *Science Education, 74*(5), 555–569.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer E. & Scott P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher, 23*(7), 5–12.

Driver, R. (1981). Pupils' alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, *3*(1), 93-101.

Driver, R. (1985). Beyond appearances. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Hrsg.), *Children's ideas in science* (S. 145–169). Milton Keynes, UK: Open University Press.

Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education, 5*(1), 61–84.

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287–312.

Duden-Verlag, anscheinend: http://www.duden.de/rechtschreibung/anscheinend

Duden-Verlag, scheinbar: http://www.duden.de/rechtschreibung/scheinbar_imaginaer_vermeintlich [Letzter Zugriff: 24.10.2014]

Duit, R. (1996). Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 145-162). Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften: Kiel.

Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change - A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education, 25*(6), 671–688.

Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (1992). *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (S. 40–58). Proceedings of an international workshop. Kiel, Germany: IPN – Leibniz Institute for Science Education.

Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their development.* New York: Teacher College Press.

Duschl, R. A. & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education, 38*, 39–72.

Duschl, R. A., Ellenbogen, K. & Erduran, S. (1999). *Understanding dialogic argumentation*. Paper presented at the Annual meeting of American Educational Research Association, Montreal.

Dykstra, D. I. (1992). Studying conceptual change: Constructing new understandings. In R.

Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.), *Reserch in physics learning* (S.40-58). Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften: Kiel.

Ebenezer J. V. (2001). A hypermedia environment to explore and negotiate students' conceptions: animation of the solution process of table salt, *Journal of Science Education and Technology, 10*(1), 73-91.

Ebenezer, J. V., Chacko, S., Kaya, O. N., Koya, S. K. & Ebenezer, D. L. (2010). The effects of common knowledge construction model sequence of lessons on science achievement and relational conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(1), S. 25-46. Ebenezer J. V. & Erickson G. L. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography, *Science Education, 80*(2), 181–201.

Egbers, M., Wischerath, K. & Marohn, A. (angenommen; voraussichtlich 2015), Lernen über Nature of Science im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn". *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 64*(6), S. 23-29.

Eichinger, D., Anderson, C. W., Palincsar, A. S., & David, Y. M. (1991). *An illustration of the roles of content knowledge, scientific argument, and social norm in collaborative problem solving.* Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, April 1991, Chicago, IL.

Eilks, I, Leerhoff, G. & Möllering, J (2002). Was ist eigentlich eine chemische Reaktion? *Der mathematischen und naturwissenschaftliche Unterricht, 55*(2), 84-91.

Elby, A. & Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education, 85*(5), 554–567.

Erduran, S., Simon, S. & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education, 88*(6), 915–933.

Fellows, N. (1994). A window into thinking: Using student writing to understand conceptual change in science learning. *Journal of Research in Science Teaching 31*(9), 985–1001.

Fensham, P. & Fensham, N. (1987). Descriptions and frameworks of solutions and reactions in solutions. *Research in Science Education, 17*, 139–148.

Ferretti, R. P., MacArthur, C. A. & Dowdy, N. S. (2000). The effects of an elaborated goal on the persuasive writing of students with learning disabilities and their normal achieving peers. *Journal of Educational Psychology, 92*(4), 694–702.

Fetherston, T. (1999). Students constructs about energy and constructivist learning. *Research in Science Education, 29*(4), 515–525.

Fisher, K. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(1), 53-62.

Fleischhauer, J. (2013). *Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik.* Berlin: Logos.

Flick, U. (2000). Konstruktivismus. In U. Flick, E. von Kardorff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (S.150-163). Reinbek: Rowohlt.

Ford, M. J. & Wargo, B. M. (2012). Dialogic framing of scientific content for conceptual and epistemic understanding. *Science Education, 96*(3), 369–391.

Fredrickson S. E., Heinselman P. L., Gonzalez-Espada W. J. & Zaras D. (2006). *Relative humidity: what do students know about it?* Paper presented on 15th Symposium on Education http://ams.confex.com/ams/Annual2006/techprogram/paper_103806.htm (Letzter Zugriff: 20.09.2014)

Garnett P. J., Garnett P. J. & Hackling M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, *25*(1), 69–95.

Gee, J. P. (2004). Language in the science classroom: Academic social languages as the heart of school-based literacy. In R. Yerrick & W.-M. Roth (Hrsg.), *Establishing scientific classroom discourse communities: Multiple voices of research on teaching and learning* (S. 19–37). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gerstenmeier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik, 41*(6), S. 867-888.

Gilbert, J. K. & Watts, D. M. (1983). Concepts, misconception and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education, 10*(1), 61-98.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J. & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequence for teaching. *Science Education, 66*(4), 623-633.

Glaser, B. & Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory - Strategies for Qualitative Research*. London: Weiderfeld and Nicolson.

Goodwin A. (2000). The teaching of chemistry: who is the learner? *Chemical Education Research and Practice, 1*, 51-60.

Gopal, H., Kleinsmidt, J., Case, J., Musonge, P. & Africa, S. (2004). An investigation of tertiary students' understanding of evaporation, condensation and vapour pressure. International Journal of Science Education, 26(13), 1597–1620.

Grice, H. P. (1975). Logic and Conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Hrsg.), *Syntax and Semantics, III: Speech Acts* (S. 41–58). New York: Academic Press.

Gröger, M., Scharf, V., Schmitz, J. & Krause, R. (2002). „Leben und Schaffen des Langensalzaer Chemikers, Apothekers und Lehrers Johann Christian Wiegleb" als Beispiel für eine Seminarfacharbeit in Thüringen. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 5*(12) 14-16.

Grüß-Niehaus, T. (2010). *Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht – der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*. Berlin: Logos.

Guisasola, J., Ceberio, M. & Zubimendi, J. L. (2006). University Students' Strategies for Constructing Hypothesis when Tackling Paper-and-Pencil Tasks in Physics. *Research in Science Education, 36*(3), 163-186.

Halldén, O. (1999). Conceptual change and contextualization. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero, (Hrsg.), *New perspectives on conceptual change* (S. 53-65). Oxford: Elsevier.

Halliday, M. A. K. (1993). Towards a language-based theory of learning. *Linguistics and Education, 5*(2), 93–116.

Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction, 12*(2), 151–183.

Happs, J. (1980) *Particles: A working paper of the learning in science project (no. 18).* University of Waikato, Hamilton, New Zealand.

Hashweh, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education, 8*(3), 229–249.

Hatano, G. & Inagaki K. (1991). Sharing cognition through collective comprehension activity. in L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teaslex (Hrsg.), *Perspectives on socially shared cognition* (S. 331-348). Washington, DC: American Psychological Association.

Hatzinikita, V., & Koulaidis, V. (1997). Pupils' ideas on conservation during changes in the state of water. *Research in Science and Technological Education, 15*(1), 53–71.

Hatzinikita, V., Koulaidis, V. & Hatzinikitas, A. (2005). Modeling pupils' understanding and explanations concerning changes in matter. *Research in Science Education, 35*, 471–495.

Havu-Nuutinen, S. (2005). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perpective. *International Journal of Science Education, 27*(3), 259–279.

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klasse, Revision (KFT 4-12+R)*. Göttingen: Beltz.

Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amongst South African students. *Physics Education, 15*(2), 92-105.

Henriques, L. (2000). *Children's misconceptions about weather: A review of the literature.* Paper presented at the annual meeting of the NARST, New Orleans, LA.

Heredia, K., Xu, X. & Lewis, J. E. (2012). The application and evaluation of a two-concept diagnostic instrument with students entering college general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, 13*, 30–38.

Herrenkohl, L. R. & Guerra, M. R. (1998). Participant structures, scientific discourse, and student discourse in fourth grade. *Cognition and Instruction, 16*(4), 431–473.

Herrmann, T. (1992). Sprechen und Sprachverstehen. In H. Spada (Hrsg.), *Lehrbuch Allgemeine Psychologie.* 2. korrigierte Auflage. Bern u. a.: Huber.

Hofheinz, V. (2008). *Erwerb von Wissen über „Nature of Science". Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht*. Universität Siegen. http://dokumentix.ub.uni-siegen.de/opus/volltexte/2008/357/ (Letzter Zugriff. 20.09.2014)

Hofheinz, V. (2010). Das Wesen der Naturwissenschaften: Was die Naturwissenschaften ausmacht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 21*(118-119), 8-13.

Holding B. (1987). *Investigation of school children's understanding of the process of dissolving with special reference to the conservation of matter and the development of atomistic ideas*. University of Leeds. http://etheses.whiterose.ac.uk/421/1/uk_bl_ethos_391600.pdf (Letzter Zugriff: 20.09.2014)

Howe, A.C. (1996). Development of science concepts within a Vygotskian framework. *Science Education 80*(1), 35–51.

Howe, C., Tolmie, A. & Rodgers, C. (1992). The acquisition of conceptual knowledge in science by primary school children: Group interaction and the understanding of motion down an incline. *British Journal of Developmental Psychology, 10*(2), 113–130.

Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen. Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme (S. 25-42).* Münster: Waxmann.

Jiménez Gómez, E., Benarroch, A. & Marín, N. (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(6), 577–598.

Jiménez-Aleixandre, M. P. & Pereiro-Muñoz, C. (2005). Argument construction and change while working on a real environment problem. In K. Boersma, M. Goedhart, O. de Jong & H. Eijkelhof (Hrsg.), *Research and the Quality of Science Education* (S. 419–431). Berlin: Springer.

Jimenez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodriguez, A. & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "Doing science": Argument in high school genetics. *Science Education, 84*(6), 757–792.

Johnson, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education, 20*(5), 567–583.

Johnson, P. (2005). The development of children's concept of a substance: A longitudinal study of interaction between curriculum and learning. *Research in Science Education, 35*, 41–61.

Jones, M. G., Carter, G. & Rua, M. J. (2000). Exploring the development of conceptual ecologies: Communities of concepts related to convection and heat. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(2), 139–159.

Kabapinar, F., Leach, J. & Scott, P. (2004). The design and evaluation of a teaching-learning sequence addressing the solubility concept with turkish secondary school students. *International Journal of Science Education, 26*(5), 635-652.

Kelly, G. J. & Crawford, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science Education, 81*(5), 533–559.

Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2007). Exploring how different features of animations of sodium chloride dissolution affect students' explanations. *Journal of Science Education and Technology, 16*(5), 413–429.

Khishfe, R. & Lederman, N. G. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science*. International Journal of Science Education, 29*(8), 939–961.

Kienpointner, M. (1992). *Alltagslogik: Struktur und Funktion von Argumentationsmustern.* Stuttgart/Bad Cannstatt: Frommann-Holzboog.

Kim, B.-S. & McKinney, M. (2007). Teaching the nature of science through the concept of living. *Science Scope, 31*(3), 20–25.

Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas* . 2. Auflage. http://www.rsc.org/images/Misconceptions_update_tcm18-188603.pdf (Letzter Zugriff: 20.09.2014)

King, A., Staffieri, A. & Adelgais, A. (1998). Mutual peer tutoring: Effects of structuring tutorial interaction to scaffold peer learning. *Journal of Educational Psychology 32*(4), 221–235.

Kishbaugh, T. L. S., Cessna, S., Jeanne Horst, S., Leaman, L., Flanagan, T., Graber Neufeld, D. & Siderhurst, M. (2012). Measuring beyond content: a rubric bank for assessing skills in authentic research assignments in the sciences. *Chemistry Education Research and Practice, 13*(3), 268–276.

Kishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching 39*(7), 551–578.

Kruger, C. J. & Summers, M. K. (1989). An investigation of some primary teachers' understanding of change in materials. *School Science Review, 71*(255), 17–27.

Kuhn, D. & Udell, W. (2003). The development of argument skills. *Child Development, 74*(5), 1245–60.

Kuhn, D., Shaw, V. & Felton, M. (1997). Effects of Dyadic interaction on argumentative reasoning. *Cognition and Instruction, 15*(3), 287-315.

Kuhn, L. O., Eichinger D. C., Anderson C. W., Berkheimer G. D. & Blakeslee T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(3), 249–270.

Kuhn, T. S. (1976). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen.* Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Leach, J., Hind, A. & Ryder, J. (2003). Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education, 87*(6), 831-848.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lee, G., Kwon, J., Park, S., Kim, J., Kwon, H. & Park, H. (2003). Development of an instrument for measuring cognitive conflict in secondary-level science classes. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(6), 585–603.

Lee, G., Shin, J., Park, J., Song, S., Kim, Y. & Bao, L. (2005). An integrated theoretical structure of mental models: Toward understanding how students form their ideas about science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 25*(6), 698–709.

Lee, G. & Byun, T. (2012). An explanation of the difficulty of leading conceptual change using a counterintuitive demonstration: the relationship between cognitive conflict and responses. *Research in Science Education, 42*, 943-965.

Leitão, S. (2000). The Potential of Argument in Knowledge Building. *Human Development, 43*(6), 332–360.

Leitao, S. (2001). Analyzing changes in view during argumentation. A quest for method. *Forum Qualitative Social Research, 2*(3). http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/907/1983 (Letzter Zugriff: 16.09.2014)

Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

Leppävirta, J. (2012). The effect of naïve ideas on students ' reasoning about electricity and magnetism. *Research in Science Education, 42*(4), 753–767.

Linke, A., Nussbaumer, M. & Portmann, P. R. (2004*). Studienbuch Linguistik. Ergänzt um ein ein Kapitel „Phonetik/Phonologie" von U. Willi.* 5., erweiterte Auflage. Tübingen: Max Niemeyer Verlag.

Liu, X. (2001). Synthesizing research on students' conceptions in science. *International Journal of Science Education, 23*(1), 55–81.

Liu, X. & Lesniak, K. (2006). Progression in children ' s understanding of the matter concept from elementary to high school. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(3), 320–347.

Liu, X., Ebenezer, J. & Fraser, D. M. (2002). Structural characteristics of university engineering students' conceptions of energy. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(5), 423–441.

Longden, K., Black, P. & Solomon, J. (1991). Children's interpretation of dissolving. *International Journal of Sciene Education, 13*(1), 59–68.

Marohn, A. (2008a). „choice2learn" – eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im Naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14*, S. 57-83.

Marohn, A. (2008b). Schülervorstellungen zum Lösen und Sieden. Auf der Suche nach „elementaren" Vorstellungen. *Der mathematischen und naturwissenschaftliche Unterricht, 61*(8), S. 451-457.

Marohn, A. (2012a). Wie „kommt" der Strom durch die Lösung? Choice2learn - Diagnose und Veränderung. In H. Wambach & J. Wambach-Laicher (Hrsg.), *Individualisieren und Aktivieren im Chemieunterricht SII Band 1* (S. 83-93). Köln: Aulis-Verlag Deubner.

Marohn, A. (2012b). Schülervorstellungen zu Salzlösungen. Choice2learn - Diagnose und Veränderung. In H. Wambach & J. Wambach-Laicher (Hrsg.), *Individualisieren und Aktivieren im Chemieunterricht SII Band 1* (S. 56-65). Köln: Aulis-Verlag Deubner.

Marohn, A. (2013). Verdampfen von Eugenol. In H. Wambach & J. Wambach-Laicher (Hrsg.), *Individualisieren und Aktivieren im Chemieunterricht SII Band 2* (S. 51-62). Köln: Aulis-Verlag Deubner.

Marohn, A. & Egbers, M. (2011). Vorstellungen verändern - Lernmaterialien zum Thema „Verdampfen" im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice2learn. *Praxis der Naturwissenschaften, Chemie in der Schule, 60*(3), 5-9.

Mason, L. (1994). Analogy, metaconceptual awareness and conceptual change: a classroom study. *Educational Studies, 20*(2), 267–291.

Mason, L. (1996). An analysis of children´s construction of new knowledge through their use of reasoning and arguing in classroom discussions. *International Journal of Qualitative Studies in Education, 9*(4), 411-433.

Mason, L. (1998). Sharing cognition to construct scientific knowledge in school context: The role of oral and written discourse. *Instructional Science, 26*, 359–389.

Mason, L. (2001a). Introducing talk and writing for conceptual change: A classroom study. *Learning and Instruction, 11*(4), 305-329.

Mason, L. (2001b). Responses to anomalous data on controversial topics and theory change. *Learning and Instruction, 11*(6), 453–483.

McClary, L. M., & Bretz, S. L. (2012). Development and assessment of a diagnostic tool to identify organic chemistry students' alternative conceptions related to acid strength. *International Journal of Science Education, 34*(15), 2317–2341.

McComas, W. F. & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Hrsg.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (S. 41–52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

McComas, W.F., Clough, M.P. & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W . F . McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (S. 3-39). Dordrecht, Boston, London: Kluwer.

Meichtry, Y. (1999). The nature of science and scientific knowledge: Implications for a preservice elementary methods course. *Science & Education, 8*, 273-286.

Mercer, N. (1995). *The guided construction of knowledge*. Clevedon, England: MultilingualMatters.

Mercier, H. & Sperber, D. (2011). Why do humans reason? Arguments for an argumentative theory. *Behavioral and Brain Sciences, 34*, 57–111.

Michael Nussbaum, E. (2008). Collaborative discourse, argumentation, and learning: Preface and literature review. *Contemporary Educational Psychology, 33*(3), 345–359.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II. Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie.
http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ch/GOSt_Chemie_Endfassung.pdf [Letzter Zugriff: 16.09.2014]

Moje, E. B. & Shepardson, D. P. (1998). Social interactions and children's changing understanding of electric circuits: Exploring unequal power relations in "peer" learning groups. In B. Guzzetti & C. Hynd (Hrsg.), *Perspectives on conceptual change* (S. 225–234). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Mortimer, C. E. & Müller, U. (2007). *Chemie. Das Basiswissen der Chemie*. 9. Auflage. Stuttgart: Georg Thyme Verlag.

Mulford D. R. & Robinson W. R. (2002). An inventory for alternative conceptions among first-semester general chemistry students. *Journal of Chemical Education, 79*(6), 739–744.

Needham, R. (1987). Teaching strategies for developing understanding in science. Children's Learning in Science Project, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds, UK.

Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education, 21*(5), 553–576.

Niaz, M. (2006). Facilitating chemistry teachers' understanding of alternative interpretations of conceptual change. *Interchange, 37*(1-2), 129–150.

Northfield J., Gunstone R. & Erickson G. (1996). A constructivist perspective on science teacher education. In D. Treagust, R. Duit & B. Fraser (Hrsg*.), Improving teaching*

and learning in science and mathematics (S. 201-211). New York: Teachers College Press.

Novak J. D. & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal, 28*(1), 117-153.

Novak, J. (1977). *A theory of education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Novak, J. D. (1990). Concept maps and Vee diagrams: two meta-cognitive tools to facilitate meaningful learning, *Instructional Science, 19*(1), 29–52.

Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education, 86*, 548–571.

Nussbaum, E. (2005). The effect of goal instructions and need for cognition on interactive argumentation. *Contemporary Educational Psychology, 30*(3), 286–313.

Nystrand, M. (1997). *Opening dialogue: Understanding the dynamics of language and learning in the English classroom.* New York: Teachers College Press.

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. & McGillicuddy, B. (1997). *Explaining science in the classroom*. Buckingham, UK: Open University.

Okada, T. & Simon, H. (1997). Collaborative discovery in a scientific domain. *Cognitive Science, 21*(2), 109–146.

Osborne, J. F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education, 80*(1), 53–82.

Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(10), 994–1020.

Osborne, R. J. & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching, 20*(9), 825-838.

Özdemir, G. & Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 3*(4), 351–361.

Paik S., Kim H., Cho B. & Park J. (2004). K-8th grade Korean students' conceptions of 'changes of state' and 'conditions for changes of state', *International Journal of Science Education, 26*(2), 207–224.

Papageorgiou, G. & Johnson, J. (2005). Do particle ideas help or hinder pupils' understanding of phenomena*? International Journal of Science Education, 27*(11), 1299–1317.

Patronis, T., Potari, D. & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for teaching. *International Journal of Science Education, 21*(7), 745–754.

Pedrosa, M., Dias, M., Rebelo, I. & Veiga, J. (1997). Concepções relativas a estados físicos e mudanc ¸as de estado manifestadas por estudantes dos ensinos secondário e sperior. In L. Leite, M. Duarte, R. Castro, J. Silva, A. Mourão & J. Precioso (Hrsg.), *Didácticas/Metodologias da Educação* (S. 355–365). Braga, Spain: Universidade do Minho.

Pfundt, H. (1981). Pre-instructional conceptions about "substances and transformations of substances. In W. Jung, H. Pfundt & C. yon Rhoneck (Hrsg.), *Proceedings of the international workshop on problems concerning students´ representation of physics and chemistry knowledge* (S. 320-341). Ludwigsburg.

Piaget, J. (1970). Piaget's theory. In P. H. Mussen (Hrsg.), *Carmichael's manual of child psychology* (S. 703-732). New York: Wiley.

Pinarbasi, T., & Canpolat, N. (2003). Students' understanding of solution chemistry concepts. *Journal of Chemical Education, 80*(11), 1328.

Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, *63*(2), 167–199.

Postman, N. (1995). *The end of education: Redefining the value of school.* New York: Vintage.

Potvin, P., Mercier, J., Charland, P. & Riopel, M. (2012). Does classroom explicitation of initial conceptions favour conceptual change or is it counter-productive? *Research in Science Education, 42*(3), 401–414.

Prain V., Tytler R. & Peterson S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education, 31*(6), 787-808.

Prieto, T., Blanco, A. & Rodriguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education, 11*(4), 451–463.

Qian, G. & Alvermann, D. (1995). Role of epistemological beliefs and learned helplessness in secondary school students' learning science concepts from text. *Journal of Educational Psychology, 87*, 282-292.

Reznitskaya, A., Anderson, R. C., McNurlen, B., Nguyen-Jahiel, K., Archodidou, A. & Kim, S. (2001). Influence of oral discussion on Written Argument. *Discourse Processes, 32*(2- 3), 155-175.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica, 47*, 57-66.

Richter, S. D. (2007). „Ich mach' mir die Welt, Widdewidde wie sie mir gefällt..." Ermöglichungsdidaktik - eine (religions-)pädagogische Perspektive. Pippi Langstrumpf und der Konstruktivismus. *Erziehungswissenschaft und Beruf, 55*(4), 497-513.

Riedel, E. (2010). Allgemeine und anorganische Chemie. 10. Auflage. Dortrecht, Berlin: de Gruyter.

Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 69-79). Berlin, Heidelberg: Springer.

Riemeier, T., von Aufschnaiter, C., Fleischhauer, J. & Rogge, C. (2012). Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren: Ansatz, Vorgehen, Befunde und Implikationen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18*, 141-180.

Roschelle, J. (1992). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. *The Journal of the Learning Sciences 2*(3), 235–276.

Römpp-Lexikon, Brownsche Molekularbewegung: https://roempp.thieme.de/roempp4.0/do/data/RD-02-02778 [Letzter Zugriff: 23.10.2014]

Russell, T., Harlen, W., & Watt, D. (1989). Children's ideas about evaporation. *International Journal of Science Education, 11*(special issue), 566–576.

Ryder, J., Leach, J. & Driver, R. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(2), 201–219.

Sadler, T. D., Chambers, F. W. & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education, 26(*4), 387–409.

Sager, S. (2000). Gesprächssorte - Gesprächstyp - Gesprächsmuster. In K. Brinker, G. Antos & W. Heinemann (Hrsg.), Text- und Gesprächslinguistik. Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung (S. 1464-1471). Berlin, New York: de Gruyter.

Salmon, M. H. & Zeitz, C. M. (1995). Analyzing conversational reasoning. *Reasoning and Argumentation in Theory and Practice, 17*(1), 1–23.

Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences, 12*(1), 5–51.

Santos, C. M. M. & Santos, S. L. (1999). Good argument, content and contextual dimensions. In J. Andriessen & P. Coirier (Serie Hrsg.) & G. Rijlaarsdam & E. Espéret (Vol. Hrsg.), *Foundations of argumentative text processing* (S. 75–95). Amsterdam: Amsterdam University Press.

Schmidt H.-J., (1996). *Students' understanding of molecular structure and properties of organic compounds.* Paper presented at the annual meeting of the NARST. St. Louis, Missouri. http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED396914.pdf (Letzter Zugriff: 20.09.2014)

Schmidt, H.-J., Kaufmann, B. & Treagust, D. F. (2009). Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. *Chemistry Education Research and Practice, 10*(4), 265.

Schmidt, L. (2006). Technologie als Prozes**s.** *Eine empirische Untersuchung organisatorischer Technologiegestaltung am Beispiel von Unternehmenssoftware.* http://www.diss.fu-berlin.de/2006/346/. (Letzter Zugriff: 14.09.2014)

Schraw, G., Crippen, K. J. & Hartley, K (2006). Promoting self-regulation in science education: metacognition as part of broader perspective on learning. *Research in Science Education, 36*(1-2), 111-139.

Seidel, T. (2003). *Lehr-Lernskripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Lernprozesse - eine Videostudie im Physikunterricht*. Münster: Waxmann.

Selley, N. J. (2000). Students' spontaneous use of a particulate model for dissolution. *Research in Science Education, 30*(4), 389–402.

Sequeira, M. & Leite, L. (1990). On relating macroscopic phenomena to microscopic particles at the junior high school level. In P. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, & M. Waarlo (Hrsg.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education* (S. 220–232). Utrecht, The Netherlands: CD-b Press.

Siebert, H. (1999). *Pädagogischer Konstruktivismus - eine Bilanz der Konstruktivismusdiskussion für die Bildungspraxis*. Neuwied; Kriftel: Luchterhand.

Sinatra, G. M. & Pintrich, P. R. (2003) *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Smith, J. P., diSessa, A. A. & Roschelle, J. (1993-1994). Misconceptions reconceives: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences, 3*(2), 115-163.

Solomon, J. (1989). The social construction of school science. In R. Millar (Hrsg.), *Doing science: Images of science in science education* (S. 126- 136). London: Falmer Press.

Solomon, J. (1993). *Teaching Science, Technology & Society*. Philadelphia, CA: Open University Press.

Stavy, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education, 12*(5), 501–512.

Sumfleth, E. & Pitton, A. (1998). Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht: Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4*(2), S. 4-20.

Taber, K. S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 2*(2), 123–158.

Tellis, W. (1997). Introduction to case study. The Qualitative Report, (3)2. http://www.nova.edu/ssss/QR/QR3-2/tellis1.html (Letzter Zugriff: 14.09.2014)

Terhart, E. (1999). Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik? *Zeitschrift für Pädagogik, 45*(5), 629-647.

Thomas, P. L. & Schwenz, R. W. (1998). College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching, 35*(10), 1151–1160.

Tien, L. T., Teichert, M. A. & Rickey, D. (2007). Effectiveness of a MORE laboratory module in prompting students to revise their molecular-level ideas about solutions. *Journal of Chemical Education, 84*(1), 175–181.

Tobin, K., Tippins, D. J. & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Hrsg.), *Handbook of research on science teaching and* learning (S. 45-93), New York: Macmillan.

Toulmin, S. E.: *Der Gebrauch von Argumenten*. Kronberg/Ts.: Scriptor-Verl., 1975.

Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument.* University of Southers California: Cambridge University Press.

Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education, 10*(2), 159–169.

Treagust, D. F. & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education, 3*(2), 297–328.

Tsai, C.-C. & Liu, S.-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education, 27*(13), 1621–1638.

Tudge, J. (1989). When collaboration leads to regression: Some negative consequences of socio-cognitive conflict. *European Journal of Social Psychology, 19*(2), 123–138.

Tunner, S. & Sullenger, K. (1999). Kuhn in the classroom, Lakatos in the lab: Science educators confront the nature-of-science debate. *Science, Technology and Human Values, 24*(1), 5-30.

Tytler R. & Peterson S. (2000), Deconstructing learning in science: young children's responses to a classroom sequence on evaporation, *Research in Science Education, 30*(4), 339-355.

Tytler R. & Peterson S., (2004). Young children learning about evaporation: insights from a longitudinal study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 4*(1), 111-126.

Tytler R. & Peterson S., (2005). A longitudinal study of children's developing knowledge and reasoning in science. *Research in Science Education, 35*(1), 63-98.

Tytler R., Prain V. & Peterson S. (2007). Representational issues in students' learning about evaporation, *Research in Science Education, 37*(3), 313-331.

Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education, 22*(5), 447–467.

Valanides, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, *1*(3), 249–262.

van Aalst, J. & Truong, M. S. (2011). Promoting knowledge creation discourse in an asian primary five classroom: Results from an inquiry into life cycles. *International Journal of Science Education, 33*(4), 487–515.

van der Veer, R. & Valsiner, J. (1991). *Understanding Vygotsky: A quest for synthesis*. Oxford, UK: Blackwell.

van Eeemeren. F. H & Grootendorst, R. (1992). *Argumentation, Communication and Fallacies. A Pragma-Dialectical Perspective*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

van Eemeren, F. H. & Grootendorst, R. (1984). *Speech Acts in Argumentative Discussions. A Theoretical Model for the Analysis of Discussions Directed towards Solving Conflicts of Opinion.* Dordrecht, Foris/Berlin: Mouton de Gruyter.

van Eemeren, F. H. & Grootendorst, R. (1999). Developments in argumentation theory. In G. Rijlaarsdam & E. Espéret (Serie Hrsg.) & J. Andriessen & P. Coirier (Vol. Hrsg.), *Studies in Writing, Vol. 5: Foundations of argumentative text processing* (S. 43– 57). Amsterdam: Amsterdam University Press.

Varelas, M., Pappas, C. C. & Rife, A. (2006). Exploring the role of intertextuality in concept construction: Urban second graders make sense of evaporation, boiling, and condensation. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(7), 637–666.

Vhurumuku, E., Holtman, L., Mikalsen, O. & Kolsto, S. D. (2006). An investigation of Zimbabwe high school chemistry students' laboratory work-based images of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(2), 127–149.

von Aufschnaiter, C. (2005). Von Fehlvorstellungen und fehlenden Erfahrungen: Konzeptentwicklung im Physik-Unterricht. In Deutsche Physikalische Gesellschaft, Fachverband Didaktik der Physik (Hrsg.), *Didaktik der Physik: Vorträge - Physikertagung 2005 - Berlin*. Beitrag zum Plenarvortrag auf der CD-Rom zur Tagung.

von Aufschnaiter, C. & Duit, R. (2004). *Teachers' instructions and students' constructions in physics education: using video to investigate how they match.* Paper presented at the conference of NARST. Vancouver, Canada.
http://www.cvauf.de/material/MPS_Teaching.pdf (Letzter Zugriff: 20.09.2014)

von Aufschnaiter, C., Fleischhauer, J., Rogge, C. & Riemeier, T. (2008). *Argumentation and scientific reasoning - an exploration of their interrelationship. Paper presented at the annual meeting of the NARST*
http://www.cvauf.de/material/NARST08_Aufschnaiter.pdf (Letzter Zugriff: 22.09.2014)

von Glasersfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. In K. Tobin (Hrsg.), *The Practice of Constructivism in Science Education* (S. 23-38). Washington DC: AAAS Press.

von Glasersfeld, E. (1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning.* London: The Palmer Press.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction 4*(1), 45–69.

Vosniadou, S. (2002). On the nature of naïve physics. In M. Linón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering conceptual change – issues in theory and practice* (S. 61-76). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academics Publishers.

Vosniadou, S. (2007). *The conceptual change approach and its re-framing. Reframing the conceptual change approach in learning and instruction* (S. 4-15). Oxford, UK: Elsevier Publishing.

Vosniadou, S. (2008). Conceptual change research: An introduction. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (S. xiii-xxviii). New York: Routledge.

Vosniadou, S. & Brewer, W. (1987). Theories of knowledge restructuring development. *Review of Educational Research, 57*(1), 51-67.

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (S. 3–34). New York: Routledge.

Voss, J. F., Tyler, S. W. & Yengo, L. A. (1983). Individual differences in the solving of social science problems. In R. F. Dillon & R. R. Schmeck (Hrsg), *Individual differences in cognition* (S. 204-232). New York, Academic Press.

Vygotsky, L. (1978*). Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Walton, D. (1996). *Argumentation Schemes for presumptive reasoning*. New York: Routledge.

Walton, D. (2010). Burden of proof in deliberation dialogs. In P. McBurney et al. (Hrsg.), *Argumentation in Multi-Agent Systems* (S. 1-22). Berlin: Springer.

Walton, D. & Krabbe, E. (1995). *Commitment in dialogue: basic concepts of interpersonal reasoning*. Albany, NY, USA: State University of New York Press.

Walton, D. (2001). Abductive, presumptive and plausible arguments. *Informal Logic, 21*(2), 141–169.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. & Novak, J. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Hrsg.), *Handbook of research on science teaching and learning.* New York: Macmillan.

Watzlawick, P. (2005). *Wie wirklich ist die Wirklichkeit? Wahn, Täuschung, Verstehen.* 4. Auflage. München: Piper.

Webb, N. (1989). Peer interaction and learning in small groups*. International Journal of Educational Research, 13*(1), 21–39.

Wells, G. (1999). *Dialogic inquiry: Towards a sociocultural theory and practice of education.* New York: Cambridge University Press.

Widodo, A., Duit, R. & Müller, C. T. (2003). Physics lessons as analysed by using the Constructivist Oriented Science Classrooms (COSC) categories. In A. Pitton (Hrsg.), *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Band 23* (S. 126-128). Münster: LIT Verlag.

Winne, P. (1997). Experimenting to bootstrap self-regulated learning. *Journal of Educational Psychology 89*(3), 397–410.

Wischerath, K. (2014). *Analyse der Veränderung von Schülervorstellungen zur „Natur der Naturwissenschaften“ im Rahmen des Unterrichtskonzepts „choice2learn“.* Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Unveröffentlichte Masterarbeit.

Wittgenstein, L. (1960). Schriften. Band 1. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

You, L. C. & Schallert, D. L. (1992). *Examining how prospective teachers come to understand two science constructs, evaporation and condensation, as a result of class discussion and textbook reading.* Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.

Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(1), 35-62.

9.2 Abkürzungsverzeichnis

Im Text verwendete Abkürzungen:

AB	Argumentationsbogen
A	Aufgabe
B	Bewertung
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
E	Explizite Konzeptentwicklung
GS	Gesprächssequenz
I	Implizite Konzeptentwicklung
Kap.	Kapitel
KE	Konzeptentwicklung
o. Ä.	oder Ähnliches
SA	Sprechakt
Tab.	Tabelle
u. U.	unter Umständen
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil
rE	Revision der expliziten Konzeptentwicklung
rI	Revision der impliziten Konzeptentwicklung
R	Rückkehr zur ursprünglichen Antwort

9.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Kommunikationsschema (nach Linke, Nussbaumer & Portmann 2004, S. 199) 34
Abb. 2: Argumentationsschema von Toulmin (2003) (nach Linke et al. 2004 S. 274) 41
Abb. 3 Ausschnitt aus dem Argumentationsbogen 59
Abb. 4: Kontext „Verdampfen von Eugenol“; Version 1 63
Abb. 5: Kontext „Verdampfen von Eugenol“; Version 2 63
Abb. 6: Multiple-Choice-Aufgabe „Verdampfen von Eugenol“; Version 1 64
Abb. 7: Multiple-Choice-Aufgabe „Verdampfen von Eugenol“; Version 2 64
Abb. 8: Multiple-Choice-Aufgabe „Verdampfen von Eugenol“; Version 3 65
Abb. 9: Lernimpuls 1 „Verdampfen von Eugenol“ 65
Abb. 10: Lernimpuls 2 „Verdampfen von Eugenol“ 66
Abb. 11: Lernimpuls 3 „Verdampfen von Eugenol“ 66
Abb. 12: Lernimpuls 4 „Verdampfen von Eugenol“ 67
Abb. 13: Lernimpuls 5 „Verdampfen von Eugenol“ 67
Abb. 14: Lernimpuls 1; Version 2 68
Abb. 15: Lernimpuls 1; Version 3 68
Abb. 16: Allgemeine (Gesprächs-)Regeln 68
Abb. 17: Lernimpuls 1; Version 4 69
Abb. 18: Lernimpuls 2; Version 2 70
Abb. 19: Lernimpuls 3; Version 2 70
Abb. 20: Lernimpuls 3; Version 3 70
Abb. 21: Lernimpuls 3; Version 4 71
Abb. 22: Lernimpuls 4; Version 1 72
Abb. 23: Lernimpuls 4; Version 2 72
Abb. 24: Lernimpuls 5; Version 2 73
Abb. 25: Lernimpuls 6; Version 2 73
Abb. 26: Lernimpuls 7; Version 2 73
Abb. 27: Lernimpuls 7; Version 3 74
Abb. 28: Lernimpuls 8; Version 1 75
Abb. 29: Anwendungsaufgabe 76
Abb. 30: Kontext „Lösen von Decan in Cyclodecan“ 76
Abb. 31: Multiple-Choice-Aufgabe „Lösen von Decan in Cyclodecan“ 77
Abb. 32: Lernimpuls 1 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 78
Abb. 33: Lernimpuls 2 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 78

Abb. 34: Lernimpuls 3 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 78
Abb. 35: Lernimpuls 4 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 79
Abb. 36: Lernimpuls 5 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 79
Abb. 37: Lernimpuls 6 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 80
Abb. 38: Lernimpuls 7 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 80
Abb. 39: Lernimpuls 8 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 80
Abb. 40: Lernimpuls 9 „Lösen von Octan in Cyclooctan“ 80
Abb. 41: Allgemeine (Gesprächs-)Regeln 81
Abb. 42: Lernimpuls 3; Version 2 81
Abb. 43: Lernimpuls 3; Version 3 82
Abb. 44: Lernimpuls 4; Version 1 82
Abb. 45: Lernimpuls 5; Version 2 83
Abb. 46: Lernimpuls 5; Version 3 84
Abb. 47: Lernimpuls 6; Version 4 85
Abb. 48: Lernimpuls 6; Version 2 86
Abb. 49: Lernimpuls 9; Version 1 86
Abb. 50: Anwendungsaufgabe 87
Abb. 51: Vier Arten einer Fallstudie (nach Yin 2009, S. 46) 92
Abb. 52: Konvergenz von Evidenzen (nach Yin 2009, S. 117) 94
Abb. 53: Turnus einer Schülergruppe 105
Abb. 54: Schematische Darstellung eines Arbeitsplatzes 108
Abb. 55: Adaption des FAM (nach Rheinberg et al. 2001) 109
Abb. 56: Bogen zur Erfassung allgemeiner Daten, zur Selbsteinschätzung sowie zur Reflexion 111
Abb. 57: Allgemeines inhaltsanalytisches Ablaufmodell nach Mayring (2012, S. 60) 114
Abb. 58: Transana 115
Abb. 59: Ablaufmodell der strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse (adaptiert nach Mayring 2012) 118
Abb. 60: Ausschnitt eines Kodiersystems 121
Abb. 61: Multiple-Choice-Aufgabe „Verdampfen von Eugenol“ 135
Abb. 62: Relative inhaltliche Redeanteile 235

9.4 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Schülervorstellungen zum Thema Verdampfen (nach Coştu, Ayas & Niaz 2010, S. 6) 21
Tab. 2: Kriterien zur Identifizierung elementarer Schülervorstellungen (Marohn 2008a, S. 76) 23
Tab. 3: Schülervorstellungen zum Lösen (nach Grüß-Niehaus 2010, S. 77-78) 25
Tab. 4: Schülervorstellungen zu NOS (Deng et al. 2011, S. 970-971) 30
Tab. 5: Ansätze zur Beschreibung von Argumentationen als Prozess 37
Tab. 6: Dialogtypen (Walton 2010, S. 3) 43
Tab. 7: Charakteristika von kollaborativen Dialogen in Kleingruppen (Andriessen 2006, S. 9) 43
Tab. 8: Auszug aus dem Kernlehrplan Chemie (nach MSW NRW 2013, S. 58) 46
Tab. 9: Phasen der Unterrichtskonzeption choice2learn 58
Tab. 10: Kategorisierung verschiedener Forschungsmethoden (nach Yin 2009, S. 8) 90
Tab. 11: Zusammenfassung der Datenaufbereitung und -auswertung 112
Tab. 12: Transkriptionsregeln 116
Tab. 13: Auszug aus Kodierleitfaden_Kodiersystem 119
Tab. 14: Beispielhafte Realisierung der Hauptkategorien des Kodiersystems 120
Tab. 15: Auszug aus der Charakterisierung über die aktuelle Motivation 127
Tab. 16: Intervalle zur Beschreibung der Gruppenmotivation 127
Tab. 17: Auszug aus der Charakterisierung der Schüler über zwei Subskalen des KFT 128
Tab. 18: Auszug aus der Charakterisierung der Schüler über Chemie- und Deutschnote 128
Tab. 19: Auszug aus Kodierleitfaden_Erkenntniswege 131
Tab. 20: Auszug aus „Schülervorstellungen zu Erkenntniswegen (Prä-, Posttest, Video)“ 132
Tab. 21: Auszug aus Kodierleitfaden_Beweisbarkeit von Erkenntnissen 132
Tab. 22: Anzahl der Schülerantworten in der ersten Positionierung 136
Tab. 23: Aussagen und Stützen zu den ausgewählten Antworten 136
Tab. 24: Anzahl der angekreuzten Antworten in Abhängigkeit von der Chemienote 141
Tab. 25: Anzahl der Wechsel der Antworten vor und nach der Gruppenarbeit 143
Tab. 26: Stützen der am Ende gewählten Antwort 144
Tab. 27: Behauptungen und Stützen 148

Tab. 28: Kodierleitfaden_Stützungslevel 149
Tab. 29: Kodierleitfaden_Überzeugung am Ende 153
Tab. 30: Überzeugung am Ende 154
Tab. 31: Stützungslevel und Überzeugung 155
Tab. 32: Erwartete Argumente pro Lernimpuls 156
Tab. 33: Stützen und Behauptungen 157
Tab. 34: Auszug aus Kodierleitfaden_Kennzeichnung der Konzeptentwicklungen 159
Tab. 35: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe Schl1) 160
Tab. 36: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe Schl2) 162
Tab. 37: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe Schl3) 166
Tab. 38: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe Schl4) 173
Tab. 39: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe LFS1) 178
Tab. 40: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe LFS2) 180
Tab. 41: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe LFS3) 183
Tab. 42: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe LFS4) 185
Tab. 43: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe KLS3) 189
Tab. 44: Tabellarische Beschreibung der Konzeptentwicklung (Gruppe KLS5) 191
Tab. 45: Bewertung der Lernimpulse/Aussagen der Schüler 194
Tab. 46: Anzahl genannter Argumente 200
Tab. 47: Inhalt und Anzahl der Stützen gegen Auswahlantwort B 204
Tab. 48: Inhalt und Anzahl der Stützen gegen Auswahlantwort C 206
Tab. 49: Inhalt und Anzahl der Stützen gegen Auswahlantwort D 207
Tab. 50: Erarbeitung anormaler Daten 209
Tab. 51: Antworten zu Beginn, am Ende und im Follow-up-Test 222
Tab. 52: Anteile an aufgabenspezifischen und inhaltlichen Sprechakten 233
Tab. 53: Gesprächsdauer inhaltlich relevanter Aussagen 233
Tab. 54: Gesprächsdauer inhaltlich relevanter Aussagen pro Lernimpuls 240
Tab. 55: Anzahl bzw. Anteile zu stützender Behauptungen und Stützen 243
Tab. 56: Prozentuale Anteile beachteter Sprechakte 245
Tab. 57: Anzahl der Sprechakte 245
Tab. 58: Vergleich von Platzierung_Rededauer und Sprechakte 246
Tab. 59: Prozentuale Anteile der Sprechakte 250
Tab. 60: Prozentualer Anteil nicht (sofort) angenommener Widersprüche/Verbesserungen 251
Tab. 61: Prozentualer Anteil von Fragen und Antworten 252

Tab. 62: Anzahl Kodierungen inkl. Ergänzung, Beharren und Zustimmung 255
Tab. 63: Anzahl referenzieller Sprechakte und deren Referenz 256
Tab. 64: Anzahl der Subkategorien der Kategorie Fragen 258
Tab. 65: Anzahl übergreifender Bezüge 261
Tab. 66: Anzahl inhaltlicher und aufgabenspezifischer Gesprächssequenzen 262
Tab. 67: Anzahl Sprechakte innerhalb von Gesprächssequenzen 263
Tab. 68: Anzahl Gesprächsmuster 264
Tab. 69: Prozentuale Anteile der Gesprächsmuster 266
Tab. 70: Anzahl Gesprächsmuster pro Lernimpuls 272
Tab. 71: Prozentuale Anteile interpretativer Gespräche 278
Tab. 72: Charakterisierung von Konflikten und nicht erfolgreichen Gesprächsmustern 279
Tab. 73: Prozentuale Anteile zielbestimmender Gesprächsmuster 280
Tab. 74: Tendenzen und Extrema kollaborativer Indizien 289
Tab. 75: Operationalisierte Faktoren_Kollaboration und dialogische Gespräche 292
Tab. 76: Umgang mit anormalen Daten 293
Tab. 77: Anfangs gewählte Antwort und Stützungslevel 294
Tab. 78: Prozentuale Anteile_Ko-Konstruktion und interpretative Anteile 294
Tab. 79: Prozentuale Anteile_Widerspruch und Beharren 296
Tab. 80: Anfangs gewählte Antwort und Stützungslevel 296
Tab. 81: Operationalisierte Faktoren_Kollaboration 299
Tab. 82: Anfangs gewählte Antwort und Stützungslevel 300
Tab. 83: Gruppenzusammensetzung und am Ende gewählte Antwort 302
Tab. 84: Aktuelle Motivation 305
Tab. 85: Herausforderung und Stützungslevel 310
Tab. 86: Chemie- und Deutschnote 312
Tab. 87: Kognitive Fähigkeiten (verbal und non-verbal) 315
Tab. 88: Schülervorstellungen zu Erkenntniswegen (Prätest) 324
Tab. 89: Anzahl der Kodierungen zu Erkenntniswegen (Prätest) 325
Tab. 90: Kategorisierung nach Konzepten_Verifikation, Falsifikation (Prätest) 326
Tab. 91: Schülervorstellungen zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Prätest) 327
Tab. 92: Schülervorstellungen zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Video) 329
Tab. 93: Schülervorstellungen zu Erkenntniswegen (Video) 331
Tab. 94: Anzahl der Kodierungen zu Erkenntniswegen (Video) 332
Tab. 95: Kategorisierung nach Konzepten_Verifikation, Falsifikation (Video) 333

Tab. 96: Schülervorstellungen zu Erkenntniswegen (Prä-, Posttest, Video) 334
Tab. 97: Anzahl der Kodierungen zu Erkenntniswegen (Prä-, Posttest, Video) 335
Tab. 98: Kategorisierung nach Konzepten_Verifikation, Falsifikation (Prä-, Posttest) 337
Tab. 99: Schülervorstellungen zur Beweisbarkeit von Erkenntnissen (Prä-, Posttest, Video) 342
Tab. 100: Anzahl der Kodierungen (Prä-, Posttest, Video) 343
Tab. 101: Anzahl der Konzeptentwicklungen (Kategoriewechsel) 343
Tab. 102: Tendenzen erfolgreich/weniger erfolgreich lernender Gruppen 368

Tab. I: Stichpunktartiger Interviewleitfaden 419
Tab. II: Definition der Analyseeinheiten 421
Tab. III: Kodierleitfaden_Off-Topic, Aufgabe, Inhalt 422
Tab. IV: Kodierleitfaden_Kodiersystem zur Analyse der Konzeptentwicklung 423
Tab. V: Kodierleitfaden_ Kodiersystem zur Kennzeichnung_Aussprache andere Antwort 425
Tab. VI: Kodierleitfaden_Kennzeichnung der Konzeptentwicklung 426
Tab. VII: Kodierleitfaden_Ursache der Konzeptentwicklung 427
Tab. VIII: Kodierleitfaden_Beschreibung der Intentionalität der Aussagen 428
Tab. IX: Kodierleitfaden_Sichere Antwort am Ende 429
Tab. X: Kodierleitfaden_Fachliche Anerkanntheit der Antwort am Ende 430
Tab. XI: Kodierleitfaden_Sprechakt_Aufgabe 431
Tab. XII: Kodierleitfaden_Sprechakt_Inhalt 436
Tab. XIII: Kodierleitfaden_Sekundäre Kodierung 442
Tab. XIV: Kodierleitfaden_Gesprächssequenz 443
Tab. XV: Kodierleitfaden_Gesprächsmuster 444
Tab. XVI: Kodierleitfaden_Übergreifender Bezug 448
Tab. XVII: Charakterisierung von Gesprächsmustern 449
Tab. XVIII: Kodierleitfaden_Beweisbarkeit von Erkenntnissen 451
Tab. XIX: Kodierleitfaden_Erkenntniswege in den Naturwissenschaften 452
Tab. XX: Feedback aus dem Reflexionsbogen 455

Anhang

Anhang A: Lernmaterial

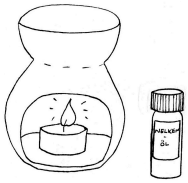
Verdampfen von Eugenol
Lösen von Decan in Cyclodecan
Argumentationsbogen

Kürzel bestehend aus:

1. Zweiter Buchstabe des Vornamens
2. Dritter Buchstabe des Nachnamens
3. Letzte Ziffer des Geburts*tages*
4. Letzte Ziffer des Geburts*monats*

KONTEXT

Es ist Weihnachtszeit und Lisa freut sich, dass sie ihre Duftlampe wieder mit winterlichen Düften verwenden kann. Sie gibt etwas Nelkenöl in die kleine Schale und setzt ein brennendes Teelicht darunter. Bereits nach kurzer Zeit kann Lisa den Nelkenduft riechen.

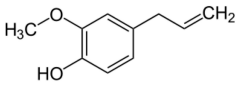


Ein Bestandteil des Nelkenöls ist Eugenol. Dieser Stoff ist für den Nelkenduft verantwortlich.

Wie kann man erklären, dass man den Nelkenduft im ganzen Raum riechen kann, wenn das Duftöl erwärmt wird?

AUFGABE

Eugenol-Molekül



Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

(Lasse das Kreuz bei der anfänglich gewählten Antwort stehen – auch wenn du später deine Meinung änderst.)

[A] ❑ [B] ❑ [C] ❑ [D] ❑

Allgemeine (Gesprächs-)Regeln

- *Geht im Gespräch auf **jede Überlegung** eines Gruppenmitglieds ein, indem ihr diese weiterdenkt oder widerlegt!*
- *Tragt alle Argumente im **Argumentationsbogen** zusammen!*
- *Bedenkt während jedes Lernimpulses auch die Antworten, die in eurer Gruppe **nicht vertreten** sind!*

Aufgabe:

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

[A] Die Abstände der Eugenol-Moleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenol-Moleküle werden größer.
[C] Die Eugenol-Moleküle spalten sich.
[D] Die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff

Lernimpuls 1

Stellt jeweils zeichnerisch dar, wie ihr euch die Vorgänge auf der Teilchenebene vorstellt!

***Erklärt** eure Zeichnung den anderen Gruppenmitgliedern und **begründet** die von euch gewählte Antwort!*

Aufgabe:

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

[A] Die Abstände der Eugenol-Moleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenol-Moleküle werden größer.
[C] Die Eugenol-Moleküle spalten sich.
[D] Die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff

LERNIMPULS 2

Gedankenexperiment
In einen Luftballon werden einige Tropfen Eugenol gegeben, die Luft herausgedrückt und der Luftballon verschlossen. Stellt begründete Hypothesen auf zu folgender Frage:

Wie würde sich das Volumen – ausgehend von den einzelnen Auswahlantworten – verändern, wenn das Eugenol ohne Luft verdunstet?

Annahme	Hypothesen	
	Volumen nimmt zu	Volumen bleibt gleich
A		
B		
C		
D		

Überprüfung
Führt zur Überprüfung der Hypothese den Versuch durch. Statt Eugenol wird für dieses Überprüfungsexperiment Aceton als Modellsubstanz genommen.
Haltet den Luftballon ca. 30 Sekunden mit der Tiegelzange in heißes Wasser. Nehmt ihn anschließend heraus und schüttelt ihn, um zu prüfen, ob noch Flüssigkeit darin ist.

Beobachtung: Das Volumen.....

Ergebnis: (im Argumentationsbogen notieren)

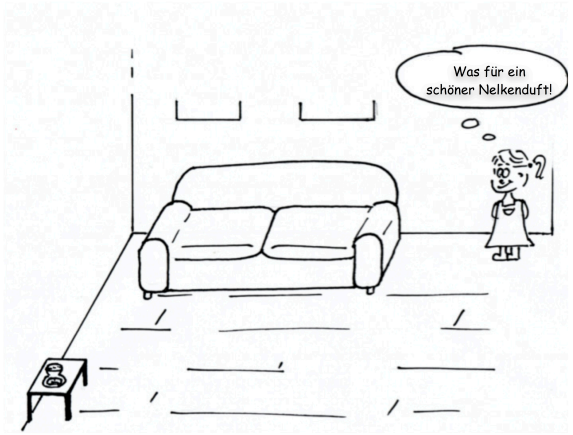
Aufgabe:

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

[A] Die Abstände der Eugenol-Moleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenol-Moleküle werden größer.
[C] Die Eugenol-Moleküle spalten sich.
[D] Die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff

LERNIMPULS 3

Wie lässt sich erklären, dass Lisa auch am Ende des Zimmers den Duft riechen kann?



Wird Auswahlantwort [B] durch eure Überlegungen gestärkt oder geschwächt?

Aufgabe:

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

[A] Die Abstände der Eugenol-Moleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenol-Moleküle werden größer.
[C] Die Eugenol-Moleküle spalten sich.
[D] Die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff

LERNIMPULS 4

Eugenol gehört zu den Kohlenwasserstoffen. Wenn Kohlenwasserstoffe vollständig mit Sauerstoff reagieren, erhält man als Reaktionsprodukte ausschließlich **Wasser** und **Kohlenstoffdioxid**.

Welche für uns wahrnehmbaren Eigenschaften (Aussehen, Geruch, ...) haben Wasser, Kohlenstoffdioxid und Eugenol?

Welche Auswahlantworten werden durch diese Information gestärkt und welche geschwächt?

Aufgabe:

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

[A] Die Abstände der Eugenol-Moleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenol-Moleküle werden größer.
[C] Die Eugenol-Moleküle spalten sich.
[D] Die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff

LERNIMPULS 5

Welche Stoffe könnten beim Verdampfen von Wasser entstehen, wenn sich die Wassermoleküle – wie in Antwort [C] beschrieben – spalten?

Welche Konsequenzen würden daraus beim Kochen von Wasser auf offenen Flammen – beispielsweise auf einem Gasherd – folgen?

Welche Auswahlantworten werden durch diese Information gestärkt und welche geschwächt?

Aufgabe:

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

[A] Die Abstände der Eugenol-Moleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenol-Moleküle werden größer.
[C] Die Eugenol-Moleküle spalten sich.
[D] Die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff

LERNIMPULS 6

Geht noch einmal alle bisherigen Impulse und die dazu entwickelten Argumente für oder gegen eine Auswahlantwort durch.

Einigt euch auf dieser Grundlage auf eine Auswahlantwort.

Aufgabe:

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

[A] Die Abstände der Eugenol-Moleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenol-Moleküle werden größer.
[C] Die Eugenol-Moleküle spalten sich.
[D] Die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff

LERNIMPULS 7

In der Chemie unterscheidet man *Aggregatzustandsänderungen*, wie das Verdunsten von Eugenol, und *chemische Reaktionen*, wie z.B. die Reaktion von Eisen und Sauerstoff zu Eisenoxid.

Worin unterscheiden sich diese Vorgänge auf Teilchenebene?

Aufgabe:

Eugenol wird erhitzt, sodass es verdunstet. Welcher Aussage stimmst du zu?

[A] Die Abstände der Eugenol-Moleküle zueinander werden größer.
[B] Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenol-Moleküle werden größer.
[C] Die Eugenol-Moleküle spalten sich.
[D] Die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff

LERNIMPULS 8

1. *Ist die Auswahlantwort, die ihr letztendlich gewählt habt, durch eure Argumentation bewiesen? Begründet eure Antwort!*

2. *(Inwiefern) Erkennt ihr einen Zusammenhang von dem Vorgehen in dieser Doppelstunde und der naturwissenschaftlichen Forschung (bspw. von Chemikern, Physikern,...)?*

Kürzel bestehend aus:

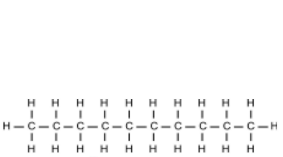
1. Zweiter Buchstabe des Vornamens
2. Dritter Buchstabe des Nachnamens
3. Letzte Ziffer des Geburts*tages*
4. Letzte Ziffer des Geburts*monats*

KONTEXT

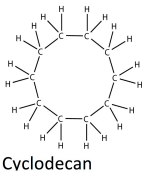
Lisa hat sich beim Kochen bekleckert und nun einen Ölfleck auf ihrem neuen T-Shirt. Die Mutter gibt ihr einen sogenannten „Fleckentferner". Lisa weiß, dass das Öl aus dem T-Shirt entfernt werden kann, weil sich das Öl in den Stoffen des Fleckentferners löst.

Doch was passiert eigentlich auf Teilchenebene, wenn sich ein Stoff in einem anderen löst?

Um diese Frage zu klären, nehmen wir modellhaft einen Lösevorgang von Decan in Cyclodecan an.



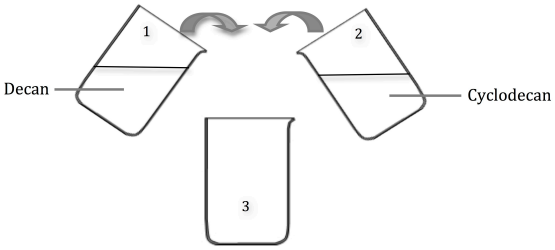
Decan



Cyclodecan

AUFGABE

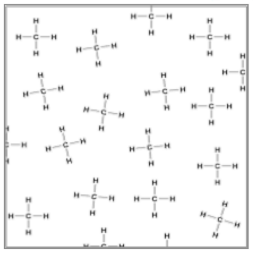
Die Flüssigkeiten Decan und Cyclodecan der Bechergläser 1 und 2 werden zusammengegeben.



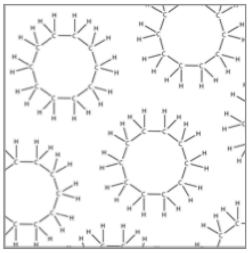
Welches der folgenden Bilder beschreibt die Flüssigkeit in Becherglas 3 auf der Teilchenebene korrekt?

(Lass das Kreuz bei der anfänglich gewählten Antwort stehen, auch wenn du später deine Meinung änderst.)

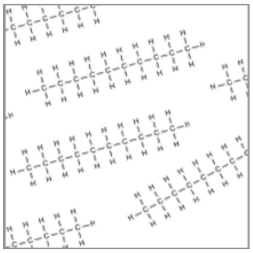
A



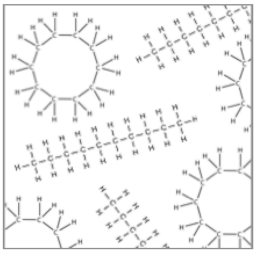
B



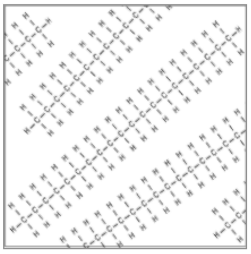
C



D



E



ALLGEMEINE (GESPRÄCHS-)REGELN

- *Geht im Gespräch auf **jede Überlegung** eines Gruppenmitglieds ein, indem ihr diese weiterdenkt oder widerlegt!*
- *Tragt alle auftretenden Argumente im **Argumentationsbogen** zusammen!*
- *Bedenkt während jedes Lernimpulses auch die Antworten, die in eurer Gruppe **nicht** vertreten sind!*

LERNIMPULS 1

***Begründet** die von euch gewählte Antwort für die anderen Gruppenmitglieder!*

LERNIMPULS 2

Testet die beim Lösevorgang möglicherweise ablaufenden Vorgänge [A] bis [E] anhand des Molekülbaukastens.

Welche der Auswahlantworten werden durch die neuen Erkenntnisse gestärkt, welche geschwächt?

LERNIMPULS 3

<u>Frage:</u>
Welcher Stoff würde bei Antwort [B] zusätzlich zu den jeweils dargestellten Stoffen entstehen? Testet es mithilfe des Molekülbaukastens.

<u>Überprüfungsexperiment:</u>
Wie könnte man die Entstehung des zusätzlichen Stoffes prüfen?
Führt das Überprüfungsexperiment mithilfe der beiliegenden Materialien durch.

Es genügt, kleine Mengen der Chemikalien zu verwenden.
Verschließt nach dem Experiment Reagenzglas und Glasflaschen, damit keine Dämpfe mehr aufsteigen.

Welche Schlussfolgerungen zieht ihr in Hinblick auf die Auswahlantwort [B]?

LERNIMPULS 4

Teilweise ist es schwer zu unterscheiden, ob – wie in Lernimpuls 3 getestet – ein Gas entsteht, oder ob die eventuell sichtbaren Blasen nur *Luftblasen* sind.

Diese Luftblasen entstehen im Reagenzglas, weil in der Innenwand kleine Kratzer sind, aus denen die Luft nicht direkt beim Einfüllen verdrängt wird, sondern aus denen sie erst etwas später in Form der Luftbläschen entweicht.

Um sicher zu sein, ob bei Lernimpuls 3 eine Gasbildung vorlag, führt folgendes Vergleichsexperiment durch:

<u>Vergleichsexperiment:</u>
Füllt in ein Reagenzglas ca. 0,5cm hoch Essigsäure und gebt Magnesiumspäne hinzu.

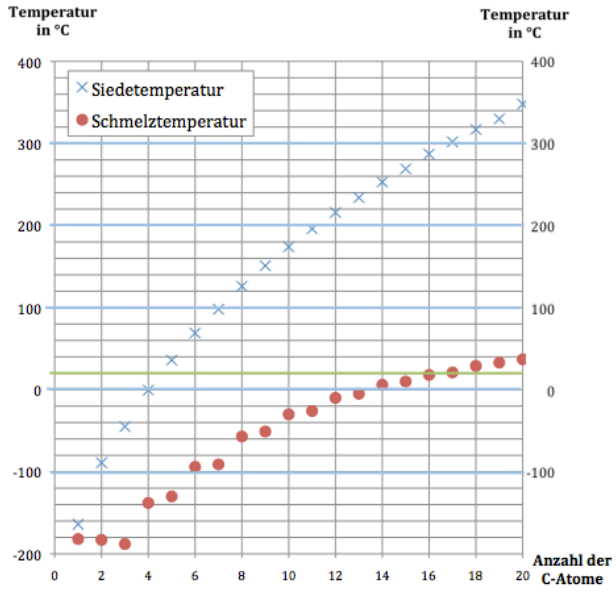
Vergleicht die Stärke der auftretenden Bläschen aus beiden Versuchen!

Welche Schlussfolgerungen zieht ihr daraus in Hinblick auf

- *eure Antwort aus Lernimpuls 3?*
- *die Auswahlantwort [B]?*

LERNIMPULS 5

In folgender Graphik sind die **Schmelz- und Siedetemperaturen** von **geradkettigen Alkanen** dargestellt.
Die grüne Linie liegt etwa bei Raumtemperatur (20°C).

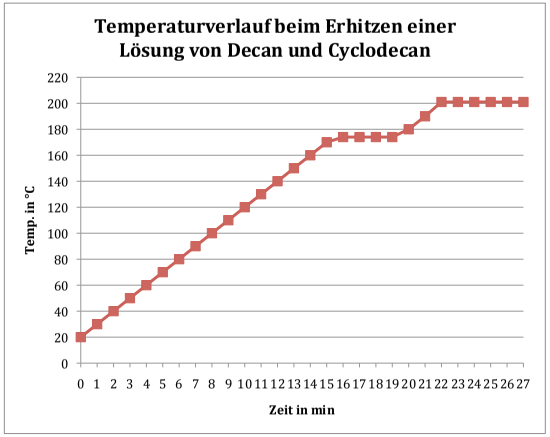


Welche Schlussfolgerungen zieht ihr aus dieser Grafik in Hinblick auf Auswahlantworten [A] und [E]?

Nehmt auch Bezug zu den Beobachtungen aus Lernimpuls 3!

LERNIMPULS 6

In folgender Graphik ist der Temperaturverlauf der Flüssigkeit aus Becherglas 3 dargestellt.



Welche Auswahlantworten werden durch diese Grafik gestärkt, welche geschwächt?

LERNIMPULS 7

Geht noch einmal alle bisherigen Impulse und die dazu entwickelten Argumente für oder gegen eine Auswahlantwort durch.

Einigt euch auf dieser Grundlage auf eine Auswahlantwort!

LERNIMPULS 8

Formuliert eine Definition für einen Lösevorgang und grenzt ihn von einer chemischen Reaktion ab.

LERNIMPULS 9

1. *Ist die Auswahlantwort, die ihr letztendlich gewählt habt, durch eure Argumentation bewiesen? Begründet eure Antwort!*

2. *(Inwiefern) Erkennt ihr einen Zusammenhang zwischen dem Vorgehen in dieser Doppelstunde und der Art und Weise, wie man in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangt?*

unsere Kürzel: ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐

Impuls	Argument	Spricht **für** die Auswahl-antwort(en):	Spricht **gegen** die Auswahl-antwort(en):	Bewertung des Arguments: stark + mittel o schwach -

Anhang B: Interviewleitfaden

Tab. I: Stichpunktartiger Interviewleitfaden

Tab. I: Stichpunktartiger Interviewleitfaden

Phase	Inhalt
Warming up	Vorstellung Erklärung des Projekts Zusicherung der Anonymität Ablauf des Interviews Ziele des Interviews
Allg. Daten	Kürzel Schule Klasse/Kurs (GK/LK) Anzahl der Jahre des Chemieunterrichts letzte Chemienote
Aufgabe	Gewählte Auswahlantwort Grund für Auswahlantwort Gründe gegen andere Antworten
Impulsphase	Beschreibung des Lernimpulses Klärung von Verständnisfragen Bearbeitung des Impulses Rückbezug zur Aufgabe Stütze für/Widerspruch zu Antworten Repositionierung Bewertung der Arguments
Reflexion	Schwierigkeit der Aufgabe Interesse an Aufgabe Schwierigkeiten Konstruktive Vorschläge für Veränderungen Bewertung der Impulse bzgl. deren Nutzen

Anhang C: Kodierleitfäden

Tab. II: Definition der Analyseeinheiten
Tab. III: Kodierleitfaden_Off-Topic, Aufgabe, Inhalt
Tab. IV: Kodierleitfaden_Kodiersystem_Analyse der Konzeptentwicklung
Tab. V: Kodierleitfaden_Kodiersystem_Aussprache für andere/gegen eigene Antwort
Tab. VI: Kodierleitfaden_Kodiersystem_Kennzeichnung der Konzeptentwicklung
Tab. VII: Kodierleitfaden_Kodiersystem_Ursache der Konzeptentwicklung
Tab. VIII: Kodierleitfaden_Kodiersystem_Beschreibung der Intentionalität der Aussagen
Tab. IX: Kodierleitfaden_Sichere Antwort am Ende
Tab. X: Kodierleitfaden_Fachliche Anerkanntheit der Antwort am Ende
Tab. XI: Kodierleitfaden_Sprechakt_Aufgabe
Tab. XII: Kodierleitfaden_Sprechakt_Inhalt
Tab. XIII: Kodierleitfaden_Sekundäre Kodierung
Tab. XIV: Kodierleitfaden_Gesprächssequenz
Tab. XV: Kodierleitfaden_Gesprächsmuster
Tab. XVI: Kodierleitfaden_Übergreifender Bezug
Tab. XVII: Kodierleitfaden_Charakterisierung von Gesprächsmustern
Tab. XVIII: Kodierleitfaden_Beweisbarkeit von Erkenntnissen
Tab. XIV: Kodierleitfaden_Erkenntniswege in den Naturwissenschaften

Tab. II: Definition der Analyseeinheiten

Bezeichnung	Definition	Realisierung
Kodiereinheit	Kleinster auszuwertender Materialbestandteil, der unter eine definierte Kategorie fällt.	Einzelne Wortäußerungen oder Gesten, die den betreffenden Kategorien zugeordnet werden können.
Analyseeinheit	Größter auszuwertender Materialbestandteil, der unter eine definierte Kategorie fällt.	Wortäußerungen eines Schülers, die als Ganzes unter eine Kategorie fallen. Die Wortäußerungen können zusammenhängend oder in ein Gespräch eingebettet sein.
Auswertungseinheit	Festlegung der Reihenfolge der nacheinander ausgewerteten Textteile.	Die Reihenfolge der kodierten und ausgewerteten Elemente wird durch den zeitlichen Beginn des Redebeitrages auf der Videodatei gekennzeichnet. Dieser wird als „Zeit"-Spalte im Kodiersystem gekennzeichnet. Die einzelnen kodierten Elemente werden innerhalb eines Lernimpulses nach ihrer zeitlichen Reihenfolge ausgewertet.

Tab. III: Kodierleitfaden_Off-Topic, Aufgabe, Inhalt

Kategorie	Beschreibung
Off-Topic	Aussagen, die weder aufgabenspezifisch noch inhaltlich relevant sind. Diese umfassen beispielsweise: - private Gespräche - Organisatorisches, wie Frage nach einem Stift; Klärung, welcher Schüler den Argumentationsbogen ausfüllt etc. Off-Topic-Aussagen wurden nicht kodiert
Aufgabe	Aussagen, die die Aufgabe bzw. das Vorgehen in Bezug auf die Aufgabe thematisieren. Diese umfassen beispielsweise: - Erklärung der Struktur der Aufgabe - Erklärung des Argumentationsbogens - Klärung, ob ein Lernimpuls fertig bearbeitet ist etc.
Inhalt	Aussagen, die inhaltlich relevant sind. Diese umfassen beispielsweise: - Bearbeitung der Lernimpulse - Klärung chemischer Sachverhalt unabhängig von Lernimpuls - Äußerungen zum Verständnis sowie reflexive Aussagen über das Wissen

Hinweis:
Ist eine Kategorisierung nicht eindeutig möglich, so wird die geringere Stufe gewählt.
Die wertfreie Hierarchie der Stufen ist:
Hohe Kategorie: Inhalt
Mittlere Kategorie: Aufgabe
Niedrige Kategorie: Off-Topic

Tab. IV: Kodierleitfaden_Kodiersystem zur Analyse der Konzeptentwicklung

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
+Y	Die Aussage stützt die betreffende Auswahlantwort explizit, die Aussage wird direkt auf die Auswahlantwort angewendet. Schüler müssen in ihrer Aussage die Auswahlantwort nicht direkt nennen, die gemeinte Auswahlantwort kann auch aus dem Gesprächsverlauf geschlossen werden.	+A: „Antwort A stimmt, dass wegen der Brownschen Molekularbewegung, die Atome sich gegenseitig abstoßen und so, ähm, der Duft in dem ganzen Raum verteilt wird." (C119, 9:38)
-Y	Die Aussage schwächt die betreffende Auswahlantwort explizit, die Aussage wird direkt auf die Auswahlantwort angewendet. Schüler müssen in ihrer Aussage die Auswahlantwort nicht direkt nennen, die gemeinte Auswahlantwort kann auch aus dem Gesprächsverlauf geschlossen werden.	„Wenn zum Beispiel jetzt C zutreffen würde, dass sich die Moleküle spalten würden, wäre jetzt kein Eugenol mehr, sondern einfach nur Sauerstoff, Kohlenstoff und so ein Mist." (C119, 28:09) „Fühle mich in eigener These [C] widerlegt. [..] Holt man Ballon raus, wird er wieder klein und nach meiner These haben die sich ja gespalten." (C121, 21:33) „Geht nicht, die können nicht wieder kleiner werden." (C123, 21:50)
(-Y)	Die Aussage schwächt die betreffende Auswahlantwort implizit, die Aussage wurde jedoch noch nicht auf die Auswahlantwort übertragen.	(-C): „Es entsteht doch kein reiner Sauerstoff dort drin jetzt." (C119, 19:32)
Y	Fachlich oder für die Argumentation relevante Aussage mit Bezug zu einer Auswahlantwort.	
	i) Aussagen, die für den späteren Diskussionsverlauf von Bedeutung sind. Z. B. Thesen und Beobachtungen sowie allgemeine Tatsachen, die jedoch keine Antwort stützen oder schwächen.	i) C: „ Aber auf jeden Fall, sobald die Kerze ausging, durften die nicht weiter gehen, weil die sonst an einer, ich weiß nicht was für einer, Vergiftung starben. Aber das lag glaube ich an dem Kohlenstoff." (C127, 38:31)
	ii) Gesprächen über Formulierungen, bei denen nicht klar ist, ob die Schüler mit anderer Meinung sich für Antwort aussprechen oder nur formulieren helfen. (Schle1; LI2)	i) „[..] das schaltet das ja nicht ganz aus, dass die sich teilen." (C115; 23:10)

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
#Y	Aussage, bei der sich die Schüler bewusst sind, dass sie falsch ist.	„Also ich hab Antwort D genommen [...]. Und die Begründung, wieso ich Antwort D genommen habe, ich habe mich verlesen." (C127, 10:49)
x	i) Fachlich oder für die Argumentation relevante Aussage ohne Bezug zu einer Auswahlantwort.	i) „Was ist nochmal das Kürzel von Sauerstoff?" (C107, 01:35)
	ii) Aussage, die aufgrund falschen Aufgabenverständnisses Antworten in Relation setzt.	ii) „D spricht gegen C." (C132, 24:30)
r-Y/ r+Y/ rY	Aussage, mit der eine kurz vorher getätigte Aussage zurückgenommen wird.	-C: „Das schwächt eigentlich auch deins [C].[..]" (C106, 23:06) C: „[..]warum? Das schaltet das ja nicht ganz aus, dass die sich teilen." (C115, 23:10) r-C: „Deswegen" (C106, 23:14)

Hinweis: Y entspricht der jeweiligen Auswahlantwort A bis D

Übergreifende Kodierregeln

1) Pragmatische Kodierung
i) Die Kodierung erfolgt auf pragmatischer Basis. So können semantisch ähnliche Aussagen in verschiedenen Kontexten unterschiedlich kodiert sein.
Bsp.: LI 4 (Spalten von Wasser).
Aussage: Es entsteht Wasserdampf
- Bei Schl2 als (-C) kodiert, da ersichtlich wird, dass Schüler wissen, dass Wasserdampf immer noch H2O ist.
-Bei Schl3 als x kodiert, da ersichtlich wird, dass Schüler nicht wissen, was Wasserdampf ist und an dieser Stelle kein Bezug zu Antwort C hergestellt wird.

ii) Ist von einem Schüler die Transferleistung erbracht worden, sodass eine Aussage mit -Y kodiert wird, so wird diese Schlussfolgerung bei den anderen Schülern als bekannt vorausgesetzt. Mögliche anschließende Aussagen, die rein formal mit einem (-Y) kodiert werden würden, werden ab dieser Stelle ebenfalls mit -Y kodiert.
Bsp.: Schl2; C1120: „Wasserstoff würde sich entzünden und Sauerstoff…" als -C kodiert

2) Hierarchische Kodierung
Ist eine Kategorisierung nicht eindeutig möglich, so wird die geringere Stufe gewählt.
Die wertfreie Hierarchie der Stufen ist:
Hohe Kategorie: -Y
Mittlere Kategorie: (-Y)
Niedrige Kategorie: Y

Tab. V: Kodierleitfaden_ Kodiersystem zur Kennzeichnung_Aussprache andere Antwort

Hinweise:
1) Die Kodierung wird im Zuge des Kodiersystems zur Analyse der Konzeptentwicklung (Tab. IV) realisiert; die Kodierung erfolgt über normale bzw. Fettschrift der oben genannten Kodierungen.

2) Abgrenzung von Kodierung der Konzeptentwicklung (Tab. VI): Eine Konzeptentwicklung wird nur kodiert, wenn eine Veränderung des Standpunktes nahe gelegt werden kann bzw. explizit genannt wird. In Fettschrift dargestellt werden zusätzlich auch Aussagen, in denen sich für andere Antworten als die ursprüngliche ausgesprochen wird, ohne dass diese als Konzeptentwicklung kodiert sein müssen.

Kodierung	Definition	Beispiel
normal	i) Aussagen ohne Stärkung oder Schwächung einer Antwort ii) Aussagen mit Stärkung der ursprünglichen Antwort	
fett	i) Aussagen gegen ursprüngliche Antwort ii) Aussagen für ursprünglich nicht gewählte Antworten	i) Ich fühle mich ein meiner eigenen These widerlegt. ii) +A +B +C: „Gestärkt werden die Antworten A, B und C.“

Tab. VI: Kodierleitfaden_Kennzeichnung der Konzeptentwicklung

Kodierung	Beschreibung	Beispiel
E	Explizite Konzeptentwicklung Äußerungen oder Verschriftlichung, die das Ablehnen seiner bisherigen Antwort und/oder das Annehmen einer anderen Antwort signalisieren.	Meine Antwort kann nicht stimmen; „Also ist unsere schon mal falsch“ (Gruppe 4, S3 (C28), 13:41); Ich glaube, Antwort X ist richtig; …
I	Implizite Konzeptentwicklung Äußerungen oder Verschriftlichung, über die ein Wechsel der ursprünglichen Meinung nahegelegt werden kann. Argumentationen (mündlich oder schriftlich), die seine ursprüngliche Antwort schwächen oder eine andere Antwort stärken, ohne dass ein Meinungswechsel explizit geäußert wird. Grenze: i) Argumente oder Schlussfolgerungen aus einem Lernimpuls, aus denen man nicht auf eine Konzeptentwicklung schließen kann Bsp.: „Also muss es entweder A, B oder C sein.“ (KLS 3, LI2) Bsp.: B wird geschwächt (wenn Schüler B gewählt hat). Heißt nur, dass Impuls B schwächt, nicht dass er davon ausgeht, dass B falsch ist	„Ja, hört sich ganz sinnvoll an, finde ich“ (Gruppe 4, S3 (C28), 12:00); Eine reine Zustimmung oder ein Einwand gegen Argumente von Mitschülern.
R	Rückkehr zur ursprünglichen Antwort Grenze: Wird von einem zweiten Standpunkt zu einem dritten Standpunkt gewechselt, wird es als Konzeptentwicklung kodiert.	
rE/ rI	Revision einer Konzeptentwicklung	Bsp: „Also B oder D?“ [..] „Laut D würde es zu Kohlenstoffdioxid und Wasser; aber Kohlenstoffdioxid riecht nicht.“

Hinweise:
1) Wird eine Aussage wiederholt, so wird sie nicht erneut kodiert. Eine neue Kodierung erfolgt erst bei Nennung eines vorher nicht genannten Aspekts.
2) Konzepte können nebeneinander bestehen bleiben. Daher heißt die Kodierung einer neuen Antwort nicht, dass die alte damit abgelegt wird.

Tab. VII: Kodierleitfaden_Ursache der Konzeptentwicklung

Kodierung	Beschreibung
Lernimpuls	Eine Konzeptentwicklung findet kurz nach Lesen des Lernimpulses stattfindet
Gespräch	Eine Konzeptentwicklung durch eine Aussage eines Schülers bzw. während eines Gespräches stattfindet
Ausschluss	Bei Lernimpuls 6. Einigung aufgrund des Ausschlussverfahrens
Selbst	Eine Konzeptentwicklung findet ohne Lesen des Lernimpulses und ohne Gespräch mit den Mitschülern statt

Tab. VIII: Kodierleitfaden_Beschreibung der Intentionalität der Aussagen

Kodierung	Beschreibung	Beispiel
+	Aussage eines Schüler, die dem intendierten Gedankengang des Lernimpulses entspricht.	„Es würden Sauerstoff und Wasserstoff entstehen.“
-	Aussage eines Schülers, die nicht dem intendierten Gedankengang des Lernimpulses entspricht.	
(-)	Aussage eines Schülers, die nicht dem intendierten Gedankengang des Lernimpulses folgt, jedoch trotzdem zielführend ist.	Im Ballon entsteht kein Wasser; in der Duftlampe entsteht kein Wasser
+ (größer, fett)	Intendierte Schlussfolgerung	
(+) (größer, fett)	Schlussfolgerung eines Schülers aus Aussagen, die nicht dem intendierten Gedankengang des Lernimpulses folgen, jedoch trotzdem zielführend sind.	D wird ausgeschlossen, weil sich in der Duftlampe kein Wasser befindet.
+ -	Aussage entspricht in Teilen der Intention, in Teilen nicht bzw. Aussage entspricht Intention, beschreibt das beschriebene Konzept jedoch nicht in Gänze	„Eine chemische Reaktion ist, wenn ein Stoff mit einem anderen Stoff reagiert und etwas Neues rauskommt“ C107, 14:37 Teil 2)
Zusätzliche Kodierungen		
#	Bewusst nicht anerkannte Aussage: Kombination aus # und weiterem Zeichen bedeutet, dass dem Schüler klar ist, dass die über das weitere Zeichen kodierte Aussage nicht anerkannt ist.	Hitze → Verbindung zwischen den Molekülen wird schwächer → breitet sich aus → ist überall zu riechen
LI2 - LI7	Wird Bezug zu anderem Lernimpuls genommen, wird es nicht als nicht-intentional, sondern nach der Intention des jeweiligen Lernimpulses kodiert	

Tab. IX: Kodierleitfaden_Sichere Antwort am Ende

Kategorie	Beschreibung	Indiz
Ja	Der Schüler ist sich seiner Antwort sicher	1) Explizite Aussage für die fachlich anerkannte Antwort - mit Nennung eines Grundes oder - mit begründeter Ausschluss aller anderen Antworten oder - als erste fachliche Aussage in Lernimpuls 6 (Einigung) sowie 2) begründete Aussage gegen die anfängliche Antwort. Die Stütze für die fachlich anerkannte Antwort kann über inhaltliche Aspekte über über das Ausschlussverfahren geschehen. Die Stützen müssen nicht selbst genannt werden, sondern sie können über eine Zustimmung zu einer Aussage eines Gruppenmitglieds ausgedrückt werden.
Eingeschränkt	i) Es wird nicht ersichtlich, ob sich ein Schüler sicher ist.	i) Explizite Aussprache für die fachlich anerkannte Antwort, ohne dass die Bedingungen für Kategorie „Ja“ erfüllt sind.
	ii) Es gibt Hinweise darauf, dass ein Schüler zwischen zwei Antworten schwankt, wobei er eine Antwort bevorzugt	ii) Explizite Aussprache für die fachlich anerkannte sowie eine weitere Antwort, wobei die fachlich anerkannte favorisiert wird.
Nein	Der Schüler ist sich seiner Antwort nicht sicher	Nennung von verschiedenen Antworten, die nach Meinung des Schüler möglich sind.

Tab. X: Kodierleitfaden_Fachliche Anerkanntheit der Antwort am Ende

Hinweis:
Die Kodierung wird im Zuge der Kodierung Sichere Antwort am Ende realisiert; fachlich anerkannte Stützen werden in schwarz, fachlich nicht anerkannte bzw. fehlende Stützen werden in grau dargestellt

Kategorie	Beschreibung
Fachlich anerkannte Stütze	Der Schüler gibt eine Stütze, die fachlich anerkannt ist; sie muss dabei nicht der eigentlichen Intention des Lernimpulses entsprechen. Die Stütze muss nicht eigenständig geäußert werden, sondern kann über eine Zustimmung einer gegebenen Stütze realisiert werden.
Fachlich nicht anerkannte Stütze	i) Der Schüler gibt keine Stütze für eine gestützte oder geschwächte Antwort ii) Der Schüler gibt eine Stütze, die fachlich nicht anerkannt ist. Die Stütze muss nicht eigenständig geäußert werden, sondern kann über eine Zustimmung einer gegebenen Stütze realisiert werden. Hinweis: Stütze gegen eine Antwort werden gleichzeitig als Stütze *für* die restlichen Antworten bzw. als Indiz, dass die anderen Antworten nicht ausgeschlossen werden, gesehen; ist nicht eindeutig, dass die Schüler die Antwort als gestärkt im eigentlichen Sinne, sondern nur als nicht geschwächt ansehen, wird es als fehlend kodiert. Bsp.: Lernimpuls 2: D wird ausgeschlossen, da kein Sauerstoff im Ballon ist. A, B, C werden als gestärkt angesehen und somit im Kodiersystem als +A, +B, +C kodiert. Da nicht ersichtlich ist, ob die Schüler A, B und D als tatsächlich gestärkt oder nur als nicht geschwächt ansehen, wird es hier als fehlende Bewertung kodiert. Würde es als anerkannte Stütze kodiert, könnte theoretisch über diese Kodierung (+A) das Stützungslevel (Tab. 29) verfälscht werden.

Tab. XI: Kodierleitfaden_Sprechakt_Aufgabe

Als Sprechakt ist die kleinste und zugleich grundlegende Einheit der sprachlichen Kommunikation definiert. Ein neuer Sprechakt beginnt
i) bei einem Sprecherwechsel,
ii) bei einem neuen Aspekt innerhalb einer Sprechhandlung eines Sprechers.

Beispiel:
„Ich glaube, da brauchen wir gar nichts aufschreiben, oder? Weil da steht ja nur später irgendwas." würde realisiert als Kodierungen *Frage* und *Stütze*.

Grenze:
Wird ein Sprechakt durch das Zuhören bekundende Partikel (z. B. „Mhm"), die keinen propositionalen Gehalt im Sinne einer Zustimmung tragen, so wird die Aussage trotz Unterbrechung als ein Sprechakt kodiert.

Kategorie	Beschreibung
Antwort	Eine auf eine Frage oder Aufforderung sprachliche Reaktion mit präpositionalem Gehalt oder einer zustimmenden oder verneinenden Äußerung oder Geste. Beispiel: „Sollen wir da drei Spalten machen oder entscheiden wir insgesamt?" „**Ich glaube insgesamt**" (C129, 11:38) „Du musst aber auch noch malen, ne?" „**Ja, malen muss ich auch noch.**" (C119, 07:56)
Aufforderung	Eine Sprechhandlung, die eine Handlung oder Sprechhandlung des Gegenübers bzw. der gesamten Gruppe auslösen soll. In letzterem Sinne gehören auch Aussagen wie „Wir müssen…" zu Aufforderungen. Beispiel: „Du musst jetzt deine Sache wiedergeben." (C105, 09:58) „Auf jeden Fall, wir müssen das jetzt erst mal auswerten." (C105, 15:52) Grenze: Trotz struktureller Indikatoren wie „Ihr müsst…"/ „Du sollst…" können entsprechende Sprechhandlungen als Aussage kodiert werden. Dies geschieht, wenn durch Intonation und Kontext kein Aufforderungscharakter deutlich, sondern es als reine Feststellung geäußert wird. Beispiel: „Jetzt müssen wir das zeichnerisch darstellen [..]."(IL45, 03:20)

Kategorie	Beschreibung
Aussage	Eine Sprechhandlung, die einen Sachverhalt beschreibt, benennt oder feststellt, wobei der Sachverhalt als anerkannt und nicht zu begründen angesehen werden kann. Weiterhin gelten Sprechhandlungen als Aussagen, die persönliche Empfindungen oder kognitive Reflexionen benennen. Ein Kennzeichen einer Aussage ist, dass sie nicht notwendigerweise einer Stütze bedarf. Beispiel: "Wir brauchen Aceton. Wir haben kein Aceton." (OC61, 13:59) "Ich komm nicht mit."(EA35, 42:19) "Voll lustig." (C112, 17:54) Grenze: Sprechhandlungen, die einen Standpunkt bzw. ein Konzept in Bezug auf einen chemischen Sachverhalt darstellen, der nicht einstimmig anerkannt ist und somit einer Stütze bedarf, werden als Behauptung kodiert.
Beharren	Eine Sprechhandlung als Reaktion auf einen geäußerten Zweifel, einen Widerspruch oder eine Verbesserung in Bezug auf eine vorangegangene Sprechhandlung. Die Reaktion wird in dem Sinne realisiert, dass der Standpunkt der anfangs genannten Sprechhandlung beibehalten und unter Umständen näher erläutert wird. Beispiel: „Da ist überhaupt nicht drin." „Da ist was drin." „**Nee, nee.**"(C126, 17:22) „Wurscht."(Reaktion auf Verbesserung) „"Nein, das ist nicht wurscht." „**Doch**, weil es, sonst könnte man das nicht nehmen." (HY42, 15:16)
Behauptung> zuStützen	Eine Sprechhandlung, mit der ein möglicher Standpunkt benannt wird. Dieser muss nicht notwendigerweise der von dem Sprecher vertretene sein; es ist keine Überzeugungsabsicht notwendig. Somit können auch im Zuge gemeinsamer Wissensgenerierung und Problemlösung Behauptungen aufgestellt werden, die es zu überprüfen gilt. Eine Behauptung kann auch im Sinne einer Schlussfolgerung nach Nennung von Evidenzen im Sinne einer Stützung genannt werden. Ein Kennzeichen einer Behauptung ist, dass sie einer Stütze bedarf. Beispiel: „Ja, ist aber zugeknotet und alle Sachen stehen hier, also ist es klar, dass das da drin ist. Das muss da drin sein.“ (C128, 16:26)

Kategorie	Beschreibung
Ergänzung	Eine Sprechhandlung, die eine vorangegangene Sprechhandlung ergänzt. Dieses kann als Vervollständigung eines unvollständigen Satzes oder als zusätzliche, kurze Ergänzung eines vollständigen Satzes realisiert werden. Kennzeichen von Ergänzungen sind häufig deren elliptische Struktur. Beispiel: „[..] erstmal sollen wir das so machen, also erstmal sollen wir uns jetzt..." „**Überlegen**." „Genau." (C128, 13.19) Grenze: Werden Überlegungen aus einem vorangegangenen Sprechakt aufgegriffen und ausführlich weitergeführt, so gilt dies als eigenständige Sprechhandlung und nicht als Ergänzung.
Frage	Eine Sprechhandlung, die der Beseitigung einer Wissenslücke oder der Absicherung von Konzepten, Emotionen oder Vorgehen dient. Beispiel: „Was für ein Argument wollen die denn jetzt?“ (C112, 11:14) „Darf ich vorlesen?“ (C106, 14:17) „Da ist aber auch Flüssigkeit drin, ne?“ (C121, 17:56) Grenze: Als Aussagen formulierte Sprechakte, die über angehängte Fragepartikel wie „Oder“ oder „Ne“ als Frage realisiert werden primär als Fragen kodiert. Wird aus dem Kontext und der Intonation deutlich, dass es sich lediglich um eine diesbezüglich rhetorische Frage handelt bzw. über den Fragepartikel eine Reaktion des Gegenübers eingefordert wird, wird die Sprechhandlung dem Sprechakt entsprechend kodiert. Beispiel: „Ich glaube nicht, dass da noch etwas reinpasst, oder?“ (Aussage) (C112, 12:59) „Hier ist ein Luftballon, ne?“ (Aussage) (C126, 13:46)
Reaktion	Eine Sprechhandlung, die das Zuhören einer Sprechhandlung kennzeichnet, ohne weiteren propositionalen Gehalt. Die Handlung kann ebenfalls non-verbal über Gestik oder Lachen realisiert werden. Beispiel: „[..] dann wird hier eben D hingeschrieben.“ „**Ach so.**“ (C132, 26:00) Grenze: Wird über die Sprechhandlung deutlich, dass einer zuvor getätigten Sprechhandlung zugestimmt wird, so wird diese als Zustimmung kodiert.

Kategorie	Beschreibung
Rückfrage	Eine Sprechhandlung, in der eine Frage oder eine Aufforderung mit einer Frage begegnet wird. Beispiel: „Und jetzt musst du schütteln, ob da noch was drin ist.“ „**Was schütteln**?“(C107, 21:06) „Spricht das für irgendein Argument? Also irgendwas?“ „**Das macht doch jeder selbst, oder?**“ (NH77, 29:16)
Stütze	Eine Sprechhandlung, die eine Behauptung stärkt bzw. schwächt. Eine Stütze ist unabhängig von deren struktureller Realisierung. So kann sie z. B. über Kausal-, Modal- oder Konsekutivsätze realisiert werden, aber auch z. B. über präpositionale Ausdrücke wie "aufgrund" oder über angeführte Beispiele. Eine Stütze kann *vor* der zu stützenden Aussage stehen; in diesem Fall wird diese als Schlussfolgerung angesehen. Beispiel: "Ja, ist aber zugeknotet und alle Sachen stehen hier, also ist es klar, dass das da drin ist." (C128, 16:26)
Verbesserung	Eine Sprechhandlung, die eine zuvor getätigte Sprechhandlung inhaltlich verändert, sodass sie nach Ansicht des Sprechers fachlich oder sprachlich angemessen(er) ist. Beispiel: „Dann streiche das hier einfach erstmal durch, ne?“ „**Nee, D musst du durchgestrichen [..]**“ (IM23, 15:23) „Da ist Eugenol drin, Vorsicht“ „**Nein, da ist Aceton drin.**“ (OC61, 14.32) Grenze: Wird nicht konstruktiv verbessert, sondern ein Sprechakt lediglich verneint bzw. diesem widersprochen, so wird er als Widerspruch kodiert.
Verschiedenes	Eine Sprechhandlung, die keiner der genannten Kategorien zugeordnet werden kann. Häufig sind dies Sprechakte, die nicht zu Ende geführt wurden, sowie solche, die weder aufgabenspezifische noch inhaltliche Relevanz haben, aber für das Verständnis des Gesprächs von Bedeutung sind. Beispiel: „Ja, ihr müsst uns das nicht so…“ (C105, 13:30) „Pass auf, das ist heiß [..]“ (C106, 17:45)

Kategorie	Beschreibung
Widerspruch	Eine Sprechhandlung, mit der die Aussage einer zuvor getätigten Sprechhandlung angezweifelt oder verneint wird. „Welche Argumente wollen die denn jetzt? „Unsere Argumente wahrscheinlich.“ „**Aber die passen doch nicht alle rein.**“ (C112, 11:20) „Man soll doch in heißes Wasser und dann gucken, ob da noch etwas drin ist, Flüssiges.“ „**Nee, überhaupt nicht.**“ (EN12, 10:09)
Zustimmung	Eine Sprechhandlung, mit der die Aussage einer zuvor getätigten Sprechhandlung bestätigt wird. Beispiel: „Ja, wenn wir jetzt sagen, was für C spricht, dann spricht es halt gegen die anderen drei, also ist das ja irgendwie unlogisch.“ „**Ja**.“ (C129, 12:42) „[..]man geht verschiedene Wege, um etwas herauszufinden.“ **Ja, klar.**“ (C123, 31:59)

Tab. XII: Kodierleitfaden_Sprechakt_Inhalt

Kategorie	Beschreibung
Antwort	vgl. Tab. XI
Aufforderung	vgl. Tab. XI Grenze: Werden explizit Stützen eingefordert, so wird die Subkategorie Aufforderung>Stütze kodiert
Aufforderung >Stütze	s.o. Die Aufforderung bezieht sich hier ausschließlich auf das Nennen von Stützen; diese werden zumeist in Form von Stützen gefordert. Die Kodierung erfolgt unabhängig von ihrer strukturellen Realisierung; so können beispielsweise auch Fragen als Aufforderung>Stütze kodiert sein. Beispiel: „Aber warum? Erklär mal kurz, was du denkst.“ (LH14, 13:25) „Die Begründung vielleicht noch?“ (C127, 09:50)
Aussage	vgl. Tab. XI Realisiert wird es z. B. über Aussagen zu Beobachtungen während des Experiments Beispiel: „Er [Ballon] bläst sich auf.“ (C104, 19:43) Aussagen zu missverstandener Aufgabenstellung Beispiel: „D spricht gegen C.“ (C132, 24:30) Unwissenheitsbekundungen Beispiel: „Das weiß ich nicht.“ (C106, 33:42) Aussagen zu Formulierungen und Schreibweisen Beispiel: „Dann muss man Hitze unter dieses Plus schreiben.“ (C107, 14:42)

Kategorie	Beschreibung
Stütze >anerkannt	vgl. Tab. XI Subkategorie *anerkannt* wird inhaltlich bestimmt als eine Stütze, die fachlich anerkannt ist. Beispiel: „**Ja, da würde Sauerstoff und, äh, Wasserstoff entstehen. Und wenn man das jetzt auch einem Gasherd erhitzen würde, dann würde sich das, äh, der Wasserstoff an dem Feuer entzünden und dann würde eine Knallgasexplosion stattfinden und [der Topf fliegt von der Platte]**.“ [..] „Ja, damit haben wir halt C widerlegt.“ (C104, 43:40) „Ich glaube, draußen riechst du es einfach nicht, **weil mehr Platz ist.**“ (C113, 27:30)
Stütze >nicht anerkannt	vgl. Tab. XI Subkategorie „nicht anerkannt“ wird realisiert über eine Stütze, die fachlich nicht anerkannt ist. Beispiel: „Die Teilung kann ja eigentlich auch nicht sein, weil wenn du es wieder rausholst, dann wird es ja wieder klein. **Da verbindet es sich ja nicht wieder.**“ (C112, 24:27)
Stütze >Zirkel	vgl. Tab. XI Subkategorie „Zirkel“ wird realisiert über eine Stütze, die inhaltlich eine bereits in der Aufgabe oder dem Kontext befindliche Information realisiert wird. Beispiel: „Ich habe B angekreuzt, weil ich denke, dass die sich **durch die Wärme** besser im Raum verteilen.“ (C112, 09:18) „Ich hab D genommen aus dem Grund, dass sich das Eugenol mit dem Sauerstoff verbindet, es reagiert dann miteinander und dadurch sich im ganzen Raum verteilt.“ (C106, 09:59)
Beharren*	vgl. Tab. XI

Kategorie	Beschreibung
Behauptung	Eine Sprechhandlung, mit der ein möglicher Standpunkt benannt wird. Dieser muss nicht notwendigerweise der von dem Sprecher vertretene sein; es ist keine Überzeugungsabsicht notwendig. Somit können auch im Zuge gemeinsamer Wissensgenerierung und Problemlösung Behauptungen aufgestellt werden, die es zu überprüfen gilt. Die Kategorie Behauptung wird von der Kategorie Behauptung>zuStützen auf Basis inhaltlicher Aspekte abgegrenzt. Als Behauptung werden entsprechende Sprechakte kodiert zu - Bewertungen der Stärke des Arguments („Ja, das finde ich sehr umfassend erklärt, **da würde ich ein Plus für geben.**“ (C104, 12:23) - Lernimpuls 7 (Definition und Unterscheidung von Aggregatzustandsänderung bzw. physikalischem Vorgang und chemischer Reaktion) - Lernimpuls 8 (NOS) In diesen Fällen bedarf es nicht notwendigerweise eine Stütze, da sie auf bereits erarbeiteten Konzepten beruhen. Weiterhin wird es kodiert in Lernimpuls 4: Sprechakte zu Eigenschaften von Stoffen Lernimpuls 5: Sprechakte zu entstehenden Stoffen In diesen Fällen bedarf es nicht notwendigerweise einer Stütze, da die Inhalte aus dem Lernimpuls abgeleitet und häufig als bekannt angesehen werden können. Grenze: Die Kategorie Behauptung ist inhaltlich zwischen Aussage und Behauptung>zuStützen einzuordnen. Es ist dahingehend als komplexer als eine Aussage anzusehen, dass fachliche Informationen gegeben werden, die nicht notwendigerweise anerkannt sind. Beispiel: Während eine Aussage wie „Es würde Wasserstoff entstehen“ nicht unbedingt anerkannt und einstimmig vertreten ist, sind Aussagen wie „Ich weiß es nicht.“ oder „Der Ballon bläht sich auf.“ nicht anzuzweifeln.
Behauptung >zuStützen	vgl. Tab. XI
Einschränkung	Eine Sprechhandlung, die eine vorangegangene Sprechhandlung nicht ausschließt, jedoch eingrenzt, Ausnahmen beschreibt oder an Bedingungen knüpft. Beispiel: „Dass einige Tropfen halt reingegeben werden und dass das ja dann sich dann mit der Luft reagiert. **Außer wenn man die Luft halt rausmachen soll,** dann wird es [..|“ (C129 14:32) „Obwohl, wir haben das jetzt so im Ballon, wenn wir das in einem Raum machen würden, würde sich das ja nicht wieder zurückziehen.“ (C121, 28:07)
Ergänzung*	vgl. Tab. XI

Kategorie	Beschreibung
Frage >Lenkung	vgl. Tab. XI Subkategorie *Lenkung* wird realisiert bei Fragen, die ein Gespräch strukturieren, z. B. - Einfordern von Einigung, Argumenten, Formulierungen - Wiederholen der Aufgabenstellung in eigenen Worten - Einholen von Informationen nach Fehlen (bspw. aufgrund eines Toilettengangs) - Frage, ob es jeder verstanden hat - Fragen zum Experiment, die nicht inhaltlich relevant sind
Frage >Nachfrage	vgl. Tab. XI Subkategorie *Nachfrage* wird realisiert bei Fragen, durch die sich ein Sprecher eines vorangegangenen Sprechakts versichert. Häufig wird sie realisiert bei der Rückversicherung einer Formulierung für den Argumentationsbogen. Beispiel: „Ja, damit haben wir halt C widerlegt." „Also Sauerstoff und Wasserstoff entstehen?" „[..]wenn man das mit einem Kühler vom Auto vergleichen, wenn der kaputt ist, also richtig kocht…" „**Wenn der überhitzt, oder was?**" (C107, 00:36 Teil 2) Grenze: Fragen der Rückversicherung ohne präpositionalen Gehalt werden als rhetorische Fragen kodiert.
Frage >Rhetorik	vgl. Tab. XI Subkategorie *Rhetorik* bezeichnet hier mehr als sogenannten rhetorische Fragen; sie umfasst - rhetorische Fragen - akustisch bedingte Nachfragen - Rückversicherungen („Kann es sein, dass Kohlenstoff [..]schwerer ist als Luft?" „Ja." „**Sicher?**" „Ja." (C127, 37:25)
Frage >Unbekanntes	vgl. Tab. XI Subkategorie *Unbekanntes* wird kodiert bei thematischen Fragen, die auf nicht bereits bekanntes Wissen bzw. gegebene Informationen beziehen. Beispiel: „Und wieso drückt man die Luft raus?" (C129, 13:29) „Was ist nochmal das Kürzel von Sauerstoff?" (C107, 01:35)

Kategorie	Beschreibung
Frage >Bekanntes	vgl. Tab. XI Subkategorie Bekanntes wird kodiert bei thematischen Fragen, die sich auf gegebenen Informationen oder bereits erarbeitetes Wissen beziehen. Beispiel: „Was war nochmal bei mir, was dafür spricht und was dagegen spricht? (C105, 19:13) „Ok, was war die C?“ (C105, 31:41)
Frage >Verständnis	vgl. Tab. XI Subkategorie Verständnis wird kodiert bei thematischen Fragen, über die eine Erklärung eines zuvor geäußerten Sprechakts erfragt werden. Beispiel: „Wieso? Was für ein Kreislauf?“ (C104, 31:56)
Frage >Verschiedenes	vgl. Tab. XI Subkategorie Verschiedenes wird kodiert bei Fragen, die keiner der beschriebenen Kategorien zugeordnet werden können. Beispiel: „Luftballon?“ (C128, 20:52) „Noch nie erlebt, dass der Kühler beim Auto kaputt geht?“ (C121, 22:47 Teil 2)
Lernimpuls	Ein Sprechakt, in dem ein Lernimpuls oder eine Auswahlantwort vorgelesen wird.
Reaktion	vgl. Tab. XI
Revision*	Ein Sprechakt, in dem eine vorangegangene Sprechhandlung durch den Sprecher selbst zurückgenommen wird. Beispiel: „Dass die Moleküle dadurch kleiner werden.“ „Kleiner?“ „**Nein, das war nur Spaß**.“ (C112, 00:04 Teil 2) „Mir ist schon bewusst, dass es mit Diffusion zu tun hat. [..] **Nein, nicht mit Diffusion.** Nein, ich weiß, dass A richtig ist.“ (C127, 11:17)
Rückfrage	vgl. Tab. XI
Verbesserung*	vgl. Tab. XI
Verschiedenes	vgl. Tab. XI

Kategorie	Beschreibung
Widerspruch*	vgl. Tab. XI
Zustimmung*	vgl. Tab. XI
Zweifel*	Eine Sprechhandlung, in der die Anerkanntheit einer zuvor getätigten Sprechhandung in Frage gestellt, jedoch nicht widerlegt wird. Beispiel: „Also gegen Antwort C?“ „Ja.“ „**Und weil wir beim Kochen keinen Wasserstoff haben, spricht das gegen, dass die Eugenolmoleküle sich spalten?**“ (UT31, 26:37)

Hinweis:
Die Kodierungen
- *Zustimmung
- *Revision
- *Widerspruch
- *Zweifel
- *Verbesserung

werden in Kombination der Kodierung des Sprechaktes, auf den sie referieren, kodiert.
Die Kombination wird über das Symbol „>“ realisiert; z. B. Widerspruch>Behauptung; Zustimmung>Stütze.

Wird auf einen Aspekt innerhalb eines Sprechaktes, jedoch nicht auf den gesamten Sprechakt referiert, so wird nicht die eigentliche Kodierung übernommen, sondern durch die Kodierung Aussage ersetzt.
Wird auf eine Zeichnung referiert, so wird ebenfalls die Kodierung Aussage verwendet.

Tab. XIII: Kodierleitfaden_Sekundäre Kodierung

Zusätzliche Kodierungen	
Kategorie	Beschreibung
Unwissen	Sprechhandlung, in der ein fehlendes Wissen oder ein fehlendes Verstehen ausgedrückt wird.
Zusatz>Antwort	Sprechhandlung, die formal eine Antwort darstellt, die jedoch aufgrund inhaltlicher oder pragmatischer Aspekte nicht als Antwort kodiert wurde, wie z. B. bei Antworten, die gleichzeitig eine zu begründende Behauptung darstellen.
Zusatz>Frageform	Sprechhandlungen, die formal eine Frage darstellen, die jedoch aufgrund inhaltlicher oder pragmatischer Aspekte nicht als Frage kodiert wurde, wie z. B. der Ausdruck eines Zweifels.
unbeachtet>Aufgabe	Sprechhandlungen bezüglich ausgabenspezifischer Aspekte, die von den anderen Gruppenmitgliedern nicht beachtet bzw. kommentiert wurden.
unbeachtet>Inhalt	Sprechhandlungen bezüglich inhaltlicher Aspekte, die von den anderen Gruppenmitgliedern nicht beachtet bzw. kommentiert wurden.
Beispiel	Sprechhandlung, in der ein Beispiel genannt wird.

Tab. XIV: Kodierleitfaden_Gesprächssequenz

Beschreibung:
Als Gesprächssequenz wird ein Abschnitt eines Gesprächs verstanden, welches durch inhaltliche Kriterien definiert wird. Wie das Gesprächsmuster (Tab. XV) liegt die Gesprächssequenz auf mittlerer Ebene zwischen Sprechakt und Gesprächstyp und zeichnet sich durch einen Handlungszusammenhang aus. Eine Gesprächssequenz beschreibt einen inhaltlich zusammenhängenden Abschnitt eines Gesprächs.
Die kleinste Einheit einer Gesprächssequenz ist ein Dialog aus zwei sich bedingenden Sprechakten, wie beispielsweise Frage-Antwort.

Grenze:
Von einem Gesprächsmuster ist es dahingehend zu differenzieren, dass es keinen Zweck einer Gesprächshandlung beschreibt, sondern lediglich einen inhaltlichen Abschnitt innerhalb eines Gesprächs verdeutlicht. Eine Gesprächssequenz ist strukturell identisch mit oder umfassender als eine Einheit eines Gesprächsmusters.

Besonderheit:
Ein als Monolog gekennzeichnetes Gesprächsmuster wird in der Regel nicht als Gesprächssequenz kodiert, da keine zwei Sprechakte verschiedener Sprecher aufeinander folgen. Eine Ausnahme bildet der Monolog, der sich aus Lernimpuls und Aussage zusammensetzt. Dieser wird im Sinne von Frage-Antwort als Gesprächssequenz kodiert.

Tab. XV: Kodierleitfaden_Gesprächsmuster

Definition (Gesprächsmuster):
Als Gesprächsmuster wird ein Abschnitt eines Gesprächs verstanden, welches sich durch inhaltliche und strukturelle Kriterien definiert. Ein Gesprächsmuster kann einen Sprechakt oder mehrere sich bedingende Sprechakte umfassen.
Eine Einheit eines Gesprächsmusters zeichnet sich durch einen Handlungszusammenhang aus und obliegt einem einheitlichen Zweck (vgl. Sager 2000).
Entsprechend beschreibt ein Gesprächsmuster keine inhaltlichen Aspekte, sondern die Funktion eines Gespräches, wie z. B. den Austausch, die Erklärung etc.

Hinweise:
1) Übergeordnete Kategorien: Aufgabe; Inhalt; Bewertung
Jede der übergeordneten Kategorien Aufgabe, Inhalt, Bewertung kann mit den folgenden Kategorien kombiniert werden. Dargestellt wird die Kombination über das Symbol „>"; z. B. Aufgabe>Austausch; Inhalt>(Er-)Klärung.
Die Kodierungen von Aufgabe, Inhalt und Bewertung werden auf Basis inhaltlicher Kriterien nach Schwerpunkt des Gesprächsabschnitts bestimmt.

2) nE steht für „nicht erfolgreich"; fehlt das nE, so gilt das Gespräch als erfolgreich. Erfolg und fehlender Erfolg werden unabhängig von der fachlichen Anerkanntheit gewertet, sondern sie beziehen sich auf das Gelingen des jeweiligen Gesprächsabschnitts. Die jeweiligen Kategoriepaare stehen gleichwertig nebeneinander und sind nicht als Ober- und Subkategorie zu verstehen.

Kategorie	Beschreibung
Austausch	Die Basis für einen Austausch ist eine offene Aufgabe. Als Austausch gilt ein Gespräch, in dem sich die Schüler verschiedene Aspekte vorstellen, diese jedoch nicht diskutieren oder bewerten. Realisiert werden können die Aspekte beispielsweise in Form von Vorstellungen der gewählten Antworten, Sammlung von Ideen und Wissen zu den Lernimpulsen, Nennung von Entscheidungen, Rückversicherung von Formulierungen etc. Der Austausch umfasst mindestens zwei Aussagen im oben definierten Sinne, die von zwei verschiedenen Schülern genannt werden. Grenze: Der Austausch ist hier als Sammlung von Ideen und Meinungen gedacht, die nicht im Sinne einer Überzeugungsabsicht bzw. einer Wissenserarbeitung und Problemlösung diskutiert werden; ist dies der Fall, so wird der Diskurs je nach Realisierung als Erarbeitung, (Er-)Klärung oder Konflikt kodiert.
Austausch>nE	Als nicht erfolgreich gilt ein Austausch, wenn ein zweiter oder folgender Schüler einen Aspekt nennt, in diesem jedoch von einem weiteren Schüler unterbrochen wird. Grenze: Hat die Unterbrechung einen Bezug zur Aussage des unterbrochenen Schülers, so wird je nach weiterem Diskursverlauf die Kodierung Erarbeitung , (Er-)Klärung oder Konflikt gewählt.

Kategorie	Beschreibung
(Er-)Klärung	Die Kodierung (Er-)Klärung umfasst 1) Erklärungen und 2) Klärungsprozesse. Die Basis ist jeweils ein Wissensgefälle. Dieses wird deutlich durch eine Frage, die entweder direkt zu Beginn oder im frühen Verlauf eines Diskurses auftritt und von mindestens einem weiteren Schüler beantwortet wird. eine Aussage oder Erklärung eines Schülers, auf die eine Verständnisfrage oder Kommentierung im Sinne eines Verständnisproblems von mindestens einem weiteren Schüler folgt. Grenze: Gilt die Frage der Sammlung von Wissen und dieses auch so in den Antworten realisiert, so wird es als Austausch kodiert. Folgt einer Frage keine Antwort, so wird es nicht als nicht erfolgreiche (Er-)Klärung, sondern als Monolog kodiert.
(Er-)Klärung>nE	Als nicht erfolgreich gilt eine (Er-)Klärung, eine Frage bzw. Rückfrage zwar diskutiert wird, jedoch keine abschließende Klarheit über ein Konzept besteht. Dies kann z. B. geschehen über eine Kommentierung der Frage, die jedoch keine Antwort im inhaltlichen Sinne bietet einen Abbruch eines (Er-)Klärungsprozesses im Sinne einer Gleichgültigkeitsbekundung ("Ist doch egal, lass uns die nächste Aufgabe machen“).
Erarbeitung	Die Basis für eine Erarbeitung bildet ein gemeinsames Problem, welches zu Beginn besteht oder im frühen Verlauf des Diskurses auftritt. Die Erarbeitung zeichnet sich durch ein fehlendes bzw. geringes Wissensgefälle aus. Das Problem kann nicht über eine (Er-)Klärung eines Schüler gelöst werden, sondern die Lösung wird gemeinsam erarbeitet.
Erarbeitung>nE	Als nicht erfolgreich gilt eine Erarbeitung, wenn ein Gespräch ohne Vollendung einer Lösung der Aufgabe abbricht. Ein Abbruch kann z. B. realisiert werden über eine Unwissenheitsbekundung eines Schülers, ohne dass eine weitere Erarbeitung folgt eine Gleichgültigkeitsbekundung eines Schülers die Entscheidung zum Überspringen einer Aufgabe.

Kategorie	Beschreibung
Ko-Konstruktion	Der Ausgangspunkt von Ko-Konstruktionen ist gemeinsames Wissen. Die Ausgangslage ist klar und entsprechendes Wissen zwischen den sprechenden Schülern einstimmig anerkannt. Eine Ko-Konstruktion zeichnet sich durch häufige Wortwechsel von mindestens zwei Schülern aus, die Konzepte beschreiben und dabei die Aussagen des jeweils anderen ergänzen. Ko-Konstruktionen treten auf bei gemeinsamer, zusammenfassender Formulierung von Argumenten gemeinsamer, zusammenfassender Darstellung von gewählten Antworten im Sinne einer Konkretisierung oder Stütze der gewählten Antwort Entsprechend bezieht sich die Ko-KonstruktionKo-Konstruktion auf das Konstruieren von Argumenten (Formulierungen) bzw. das Vorstellen eines gemeinsamen Konzepts und nicht das Konstruieren von Wissen. Die Aussagen sind aufgrund ihres Dialogcharakters von einem Monolog zu unterscheiden; es ist kein Austausch von Konzepten, da ein *gemeinsames* Konzept beschrieben bzw. formuliert wird. Grenze: Wenn neue Themen erarbeitet werden bzw. zu Beginn nicht deutlich ist, dass die Gesprächsteilnehmer ein gleiches Konzept benennen, so wird es als Erarbeitung kodiert.
Ko-Konstruktion>nE	Als nicht erfolgreich gilt eine Ko-Konstruktion, wenn das Gespräch ohne Vollendung einer gesuchten Formulierung abbricht.
Konflikt	Die Basis für einen Konflikt sind mindestens zwei verschiedene Meinungen, die zu Beginn oder im frühen Verlauf des Diskurses auftreten. Das Ziel dieses Konflikts kann sein: - die Überzeugung eines oder mehrerer anderer Schüler das gemeinsame Finden des fachlich anerkannten Konzepts unter klarer Aussprache für das eigene Konzept. Der Begriff des Konflikts ist an dieser Stelle nicht negativ konnotiert zu verstehen, sondern im Sinne konfligierender Meinungen, die von den Gesprächspartnern anerkannt, jedoch nicht geteilt werden, und als Anlass zu dem Erreichen eines Konsenses dienen. Grenze: Anders als bei einer Erarbeitung liegen hier zu Beginn klare Konzepte vor, die auch vertreten werden. Wird dies nicht deutlich, so wird eine Erarbeitung kodiert.
Konflikt>nE	Als nicht erfolgreich gilt ein Konflikt, wenn kein gemeinsamer Konsens erreicht wird. Dies kann z. B. realisiert werden über den Abbruch des Gesprächs durch einen vorher nicht beteiligten Schüler, das Bestimmen eines Schülers, welches Konzept weiter vertreten wird, eine Gleichgültigkeitsbekundung im Sinne eines „Glaub, was du willst“

Kategorie	Beschreibung
Monolog	Als Monolog werden ein oder mehrere Sprechakte eines Schülers verstanden, die sich nicht direkt auf einen vorangegangenen Sprechakt beziehen und die von anderen Schülern nicht aufgegriffen bzw. kommentiert werden. Eine Ausnahme des Sprechaktes bildet das Vorlesen eines Lernimpulses, welches nicht als eigenständig formulierte Aussage gilt. Entsprechend wird das Vorlesen eines Lernimpulses mit folgendem Sprechakt eines anderen Schülers als Monolog definiert. Realisiert werden kann ein Monolog als zusammenhängender Sprechakt, von das Zuhören bekundenden Partikeln wie „mhm“ unterbrochener Sprechakt.
Monolog> bestätigt	Als bestätigt gilt ein Monolog, wenn er durch einen anderen Schüler im Sinne einer kurzen Zustimmung kommentiert wird („Ja“, „Würde ich auch sagen“, „Mhm“)

Tab. XVI: Kodierleitfaden_Übergreifender Bezug

Übergreifender Bezug Beschreibung: Als übergreifender Bezug werden Gesprächsabschnitte kodiert, die sich auf vorangegangene Abschnitte beziehen. Als *Proposition* werden die Abschnitte kodiert, die sich auf vorangegangene beziehen; die Abschnitte, auf die Bezug genommen wird, werden als *Referenz* kodiert. Kriterien: Um als Proposition und Referenz zu gelten, müssen die Abschnitte durch mindestens zwei thematisch unterschiedliche Abschnitte voneinander getrennt sein, die länger als Monologe sind. Diese Abschnitte können sowohl inhaltliche, aufgabenspezifische als auch Off-Topic-Abschnitte sein.

Tab. XVII: Charakterisierung von Gesprächsmustern

Kategorie	
	Nicht erfolgreich verlaufende Gesprächsmuster
Abbruch	Ein Gespräch endet aufgrund eines nicht zu Ende geführten Sprachaktes, dessen Inhalt nicht von den Mitschülern kommentiert wird.
Bestimmt	Ein Gespräch mit konfligierenden Aussagen wird beendet, indem ein Schüler seinen Standpunkt als Schlussfolgerung oder Behauptung bestimmt. Die Mitschüler kommentieren dieses Bestimmen nicht.
Gleichgültig	Ein Gespräch mit Aussagen wird beendet, indem ein Schüler seine Gleichgültigkeit in Bezug auf das Erarbeiten der Aufgabe oder einer Klärung eines Sachverhaltes äußert.
Keine inhaltliche Antwort	Ein Gespräch wird zwar formal über eine Antwort auf eine Frage beendet, jedoch ist diese Antwort keine inhaltlich relevante auf die Frage.
Kompromiss	Ein konfligierendes Gespräch wird beendet, indem ein Kompromiss geschlossen wird. Dabei werden die Standpunkte nicht letztendlich geklärt.
Themenwechsel	Ein Gespräch endet aufgrund eines Themenwechsels, der sich fließend aus dem Gespräch ergibt. Dabei ist die Thematik des anfänglichen Gesprächs nicht zu Ende erarbeitet.
Unbeachtet	Ein Gespräch endet, da der letzte Sprechakt nicht beachtet wird, obwohl er zur weiteren Erarbeitung der Thematik Wichtigkeit besitzt.
Unlogische Argumentation	Ein Gespräch wird formal erfolgreich beendet, basiert jedoch auf inhaltlich unlogischer Argumentation. Diese Argumentation wird jedoch von den Schülern nicht kommentiert.
Unterbrechung	Ein Gespräch endet aufgrund eines unterbrochenen Sprechaktes. Die Unterbrechung führt zu einem neuen Gesprächsabschnitt, sodass ersterer nicht zu Ende geführt wird
Unwissen	Das Gespräch endet nach einer Unwissenheitsbekundung eines Schülern, ohne dass ein weiterer Schüler die Thematik erklärt oder Anregung für eine Erarbeitung zeigt.
Verschiedene Meinungen	Das Gespräch endet, ohne dass eine Einigung erreicht wurde. Die verschiedenen Meinungen bleiben dabei nebeneinander stehen.
	Erfolgreich gelöste Konflikte
Einlenken (begründet)	Das Gespräch endet, weil sich ein Schüler einem gestützten Standpunkt anschließt.
Einlenken (unbegründet)	Das Gespräch endet, weil sich ein Schüler einem ungestützten Standpunkt anschließt.
Gemeinsam erarbeitet	Das Gespräch endet, nachdem ein Konflikt gemeinsam erarbeitet und geklärt wird.

Schlichtung/gleiche Meinung	Das Gespräch endet nach Vermittlung zweier konfligierender Standpunkte durch einen dritten Schüler oder durch die Feststellung, dass nur scheinbar konfligierende Standpunkte vertreten wurden.
Selbst erarbeitet	Das Gespräch endet, nachdem sich ein Schüler die zu einem Konflikt geführte Thematik eigenständig erarbeitet hat und so der Konflikt gelöst werden kann.

Tab. XVIII: Kodierleitfaden_Beweisbarkeit von Erkenntnissen

Kategorie	Indiz	Beispiel
Ja	i) Explizite Bejahung	i) Ich denke, dass man Erkenntnisse durch Experimente beweisen kann [..] (OI71, Prätest)
	ii) Implizite Bejahung durch die Begründung	ii) Einerseits ja, andererseits nein. In den Naturwissenschaften sind vieles Vermutungen und diese kann man durch Experimente beweisen/belegen (AY02, Prätest)
Nein	i) Explizite Verneinung	i) „Ja, dies gilt solange, bis sie von anderen Wissenschaftlern/Personen durch ein Gegenexperiment widerlegt wird." (LP09, Prätest)
	ii) Implizite Verneinung durch die Begründung	ii) -
	iii) Explizite Bejahung und implizite Verneinung durch die Begründung	iii) „Ja, es ist aber nichts zu 100 % bewiesen, alles gilt nur, bis es widerlegt wird." (EE06, Posttest) „Ich denke schon, dass man Erkenntnisse beweisen kann, indem man alles ausschließt, was dagegen spricht. Es kann trotzdem sein, dass eine Erkenntnis mit der Zeit widerlegt wird." (EH91, Prätest)
Eingeschränkt	Nennung von Indizien für Kategorie „Ja" und „Nein"	Erkenntnisse [..] kann man, wenn möglich, mit Versuchen [..] beweisen. Aber auch mit [..] dem Ausschließen von anderen möglichen Hypothesen, indem man sie falsifiziert (SI25, Prätest).
Zusätzliche Kodierungen		
*	Inhalt wurde aus jeweils anderer Frage (1 oder 2) übernommen.	
→	Bei Videos: Schüler wechselt seine Meinung im Laufe des Gesprächs; beide Kodierungen werden genannt.	

Tab. XIX: Kodierleitfaden_Erkenntniswege in den Naturwissenschaften

Kategorie	Indiz	Beispiel
Experiment	Explizite Nennung des Begriffs *Experiment* oder eines Synonyms	„Meiner Meinung nach kann man dort Erkenntnisse beweisen, indem man einen Versuch durchführt [..]“ (AY02, Prätest)
Experimente	Explizite Nennung des Begriffs *Experimente* oder eines Synonyms oder eines Wortes mit entsprechendem Wortstamm, z. B. Gegenexperimente	„So gelangt man durch Versuche/Experimente zu Erkenntnissen und Beweisen [..]“ (SI25, Prätest)
Experimentieren	Referenz auf die Tätigkeit des Experimentierens; Unklar, ob ein oder mehrere Experimente gemeint sind.	„Man stellt eine Theorie nach Beobachtungen auf, erstellt theoretische Lösungen und experimentiert dann gezielt [..]“ (ER85, Posttest)
Sozialer Aspekt	Nennung von Austausch- oder Gesprächsprozessen sowie entsprechenden Begriffen, die eine soziale Sprachhandlung implizieren.	„Experimente detailliert erklären und besprechen, Vorausdeutungen machen und auf das Ergebnis achten“ (EE06, Prätest)
These	Explizite Nennung des Begriffs These oder Hypothese oder eines entsprechend ähnlichen Begriffs	„Hat man bereits eine Theorie bzw. Hypothese aufgestellt, so gelangt man [..] zu Erkenntnissen“ (SI25, Posttest)
Thesen	Explizite Nennung des Begriffs Thesen oder Hypothesen oder eines entsprechenden Begriffs	„Man stellt [..] Hypothesen auf und versucht diese zu bestätigen oder zu widerlegen“ (AA02, Prätest)
Verifikation	Nennung der Bestätigung oder des Belegs einer Hypothese bzw. entsprechenden Begriffs	„Mithilfe von Versuchen kann man diese These [..] bestätigen“ (LP09, Prätest)
Falsifikation	Nennung der Falsifikation bzw. der Widerlegung einer Hypothese bzw. entsprechenden Begriffs	„Durch eine These, die man aufstellt und versucht mit Experimenten zu widerlegen [..]“ (EV23, Prätest)
Ausschlussverfahren	Nennung des Ausschlussverfahrens als ein Weg der Erkenntnisgewinnung	„Etwas zu beweisen heißt gleichzeitig auch etwas, in diesem Fall andere Theorien, auszuschließen“ (KM81, Posttest)
Forschung	a) Nennung des Begriffs *Forschung* oder eines entsprechenden Begriffs, z. B. Erforschung, Überprüfung. b) Nennung von mindestens zwei Aspekten, die den Forschungsprozess beschreiben, z. B. Ausprobieren, Entdeckungen (Wiederholung) oder Beobachtung.	a) „Zu neuen Erkenntnissen gelangt man, indem man forscht.“ (EH91, Prätest) b)“ Wenn man zum Beispiel zwei Stoffe mischt und beobachtet wie sie sich zueinander verhalten [..]“ (EC06, Prätest)

Kategorie	Indiz	Beispiel
Rationale Aspekte	Nennung von Regeln, Gesetzen, Formeln, Rechnen als Weg der Erkenntnisgewinnung.	„Denn in den Naturwissenschaften gibt es Regeln, Gesetze, Formeln [..]“ (KM81, Prätest)
Frage	Nennung des Begriffs *Frage* oder eines Synonyms	„Man stellt sich eine Frage zu einem Sachverhalt und versucht diese zu beantworten [..]“ (ER85, Prätest)
Theorie	Nennung des Begriffs *Theorie* oder eines Synonyms sowie entsprechender Begriffe.	„Zu Beginn stellt man eine Theorie auf .“ (EV23, Prätest)
Nicht kodiert	Sachverhalte, die durch die Konzeption nicht implizit verändern werden können, z. B. Zufall, Geld.	„Ich denke, dass die meisten Erkenntnisse [..] meist zufällig komm[en]“ (OI71, Prätest)

Anhang D: Feedback aus dem Reflexionsbogen

Tab. XX: Feedback aus dem Reflexionsbogen

Schüler	Das hat mir besonders gut gefallen	Das hat mir weniger gut gefallen
C120		
C104	Der Ballon	Argumentationsbogen
C128	Die Gruppenarbeit; dass jeder seine Meinung vertritt	
C129	Gruppenarbeit; verschiedene Lösungen	Argumentationsbogen ausfüllen
C119	Dass ich die anderen Aussagen der Gruppenmitglieder entkräften konnte und ihnen meine Auswahlantwort erläutert hab.	Dass ich die Antwort bereits wusste sowie die Begründung. (? Was die anderen Gruppenmitglieder das Thema ablenkten)
C126		Kamera
C127	Mal etwas Neues als Chemie im Unterricht	
C132	Mir hat alles an der Gruppenarbeit gefallen	Dass es so laut war im Raum
C105	Der Versuch, dass man es sich bildlich vorstellen konnte	
C115	Dass der Versuch etwas mit unserem letzten Thema zu tun hatte und nicht etwas ganz Neues war	
C106	Dass der Versuch mit unserem letzten Thema zu tun hatte.	
C112	Die Gruppenarbeit an sich	
C107	Gemeinsames Diskutieren und Begründen	Zu wenig Nachschlagewerke
C123	Dass wir in Gruppen diskutieren konnten	Die Lernimpulse waren teilweise undeutlich und schwer
C113	Die Gruppenarbeit	
C121	Gruppenarbeit, Diskussionen	teilweise Ungereimtheit
CC61	Versuch	
UT31	andere Art von Unterricht	laute, nervige Atmosphäre; zwanghafte Zuweiseung von [nicht lesbar]
IM59		Durch das Filmen fühlt man sich sehr beobachtet, Tonaufnahme hätte gereicht
EB98	nochmaliges Reflektieren	
AR09		

Schüler	Das hat mir besonders gut gefallen	Das hat mir weniger gut gefallen
NH77	Gruppenarbeit, selbstständiges Erarbeiten einer Lösung	
HY42		
AE31	jeder kam zu Wort; wir haben als Gruppe zusammengearbeitet	öfters haben mehrere Leute gleichzeitig geredet; häufig haben Leute die Meinung geändert
DE12	Gruppenarbeit	Einzelarbeit
EN40		
EK91		
OL53		
RV98	alle nett	
LH14	Das Beibringen der richtigen Antwort für diejenigen, die es nicht verstanden haben.	Aufschreiben jeden einzelnen Schrittes; Aber: Gute Forschung = Gute Beobachtung.
EN12	einfache Aufgabe, mal was anderes	langweilig
EE28	Überdenken der Antwort; Denkfehler wurden erkannt	ungleiche Verteilung der Vertreter der Antworten
AS57	Mir hat gefallen, dass das Gegenteil meiner ursprünglichen Antwort bewiesen wurde und ich so von meinem falschen Standpunkt ins Richtige gelenkt wurde.	
EE70	Der Versuch	Meine Gruppe und die schlechten Witze, die sie gerissen haben
EA35		
IL45	Die entspannte Diskussion in einer kleineren Gruppe; der Versuch	
HE61		
AL61		
IM23	Dass man nicht direkt auf das Ergebnis kam, sondern Hypothesen stützen bzw. verwerfen musste	

Schüler	Das hat mir besonders gut gefallen	Das hat mir weniger gut gefallen
AR12	Zusammen in der Gruppe eine Antwort stärken (mit Argumenten)	

Anhang E: Beispiele aus Transkripten und Kodiersystemen

a) Überarbeitetes, korrekturgelesenes Transkript
b) Ursprüngliches Transkript mit Zeiten
c) Kodiersystem

a) Ausschnitt aus Transkript; Schl3; Lernimpuls 1

Hinweis: Die Kennzeichnungen in geschwungenen Klammern dienen als Aufbereitung für die Analyse im TAMS-Analyzer. Die Zeiten wurden aufgrund der besseren Lesbarkeit für die Bearbeitung im TAMS-Analyzer entfernt.

****

Schl – Gruppe 3 – Teil 1 (von 2)

Letzte Änderung: 13.06.2012

S1: C121
S2: C113
S3: C123
S4: C107

****

{S3}{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Testaufnahme. {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: C1 21. {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: C1 13. {/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: C1 23. {/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: C7. {/S4}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Nee, das war jetzt noch nicht ganz.{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: (lacht) Und nochmal.{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Nein.{/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Nicht (?noch...){/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Das ist wenig.{/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Sollen wir mit der 1 anfangen? {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ja, wir sollen von 1 bis 7 durcharbeiten.{/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Wir fangen am besten mit der 7 an.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Also ich wäre ja für die 4.{/S4}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Warum?{/S3}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ich bin [für die 3].{/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: [Das ist] schon mehr als die Hälfte.{/S4}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Hier kriegst du es nicht hin.{/S3}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: (leise) Ich weiß. {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: (?...){/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja, wenn man das jetzt noch aufkriegen würde. – Na, verdammt, hm.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Hallo, willst du es machen? {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Nein! {/S1}{!end}

—— Off–Topic ——

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: (?Irgendwas) zeichnen. Worauf sollen wir denn zeichnen? {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ich glaube auf das leere Blatt. {/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ich hab keinen [Stift].{/S3}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Ich frag] mal. {/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: (?...) die erste Frage.{/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: (lacht){/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Und wozu ist das Argumentationsblatt? [Brauchen wir das jetzt auch?] {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Sollen wir das auf das leere Blatt zeichnen?]{/S2}{!end}

{P}{SPRECHER}P{/SPRECHER}: Ähm, – genau.{/P}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Was ist mit dem Blatt? {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Okay. {/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ich weiß gar nicht, was ich zeichnen soll. {/S3}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ich auch nicht. {/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Hier riecht es nach Nagellackent[ferner]. {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Also] unsere Antwort, die wir hier hingeschrieben, die wir hier angekreuzt haben.{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja. (leise:) Was ist nochmal das Kürzel für Sauerstoff? {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: (leise:) O_2 {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: (leise:) O_2?{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: (leise:) Ja. Genau. {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Lernimpuls 1. ----- Auf der Teilchenebene? {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Äh? {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ich trag mal unsere Kürzel ein, ne? {/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Jeder muss seine Argumente eintragen?{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ich weiß es nicht.{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: C1 zu 1 {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ähm, muss jeder seine Argumente eintragen?{/S4}{!end}

{P}{SPRECHER}P{/SPRECHER}: (Laut, für die gesamte Klasse:) Für die Zeichnung habt ihr extra auf der zweiten Seite Schmierpapier. {/P}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ich bin überfordert.{/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Eine Frage noch, muss jeder sein Argument eintragen? {/S1}{!end}

{P}{SPRECHER}P{/SPRECHER}: Ja, also von der ganzen Gruppe. {/P}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ok. --- Gut, zeichnen wir mal. Hm, das wird jetzt schon eine Herausforderung für mich.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Wie malt man ein Sauerstoffmolekül? {/S4}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Hier, wir haben die gleiche Antwort, wir können zusammenarbeiten. {/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ich hab mir erstmal das Molekül hier aufgemalt. Wie heißt das nochmal, Eugelamolekül? {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Eugenol, ja.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ich find, ich mal das voll schön. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Gott. (?...){/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Wie malt man denn ein Sauerstoffmolekül? {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Mal einfach.{/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Das ist ein O mit zwei Hs dran.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: CO_2?{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: H. COH Ein O und dann malst du zwei Hs dran. {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Das ist doch O_2. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Sauerstoff. {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja, musst du zwei Os machen, weil es zweimal dann gebunden vorkommt, oder nicht?{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ach, stimmt hat (?...) ich hab ja Wasser, ja::, einfach nur... {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Sauerstoff. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: (?Zusammengebunden) Doppelbindung zwischen den Sauerstoffatomen. {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja, zwischen den Os schon. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja, dann...{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ist ja O_2, ne!{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ich muss jetzt mal versuchen, meine Theorie zu ver[stehen].{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: [Sauerstoff] ist O_2?{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja. {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Da gibt es eine Doppelbindung und dann so zwei [Striche].{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Ja] für die... {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}:Was stand jetzt auf der Karte? {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ich glaub, ich hab jetzt nicht das gemacht, was ich eigentlich gesagt habe, aber egal. (lacht){/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: (kichern){/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Hö. ------ Stellt sich nur die Frage, wo trennen die sich?{/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Soll ich das auch so malen, wie du das gemalt hast?{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Aber ich kann mir nicht erklären, also ich hab einfach angekreuzt, dass es mit dem Sauerstoff reagiert, ne? Weil das für mich irgendwie das logischste war. Weil wenn es mit Sauerstoff reagiert, dann muss es ja eine Verbindung gasförmig sein und die verstreut ja im Raum. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Also du meinst, diffundiert ja nach der Brownschen Molekularbewegung. Durch.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja. Ja, ich habe auch die These der Brownschen Molekularbewegung verfolgt und bin dann zum Entschluss gekommen, dass sie sich hier spalten. Durch immer schnellere Bewegungen, —– wie wir das heute schon in Bio hatten, wo ich die These aufgestellt hab, dass deswegen die Enzyme aufbrechen. An ihrer Tertiärstruktur.{/S4}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Mh. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Dass sie deswegen aufbrechen und sich die Moleküle spalten. Dadurch, dass die Verbindungen, die zwischen den Molekülen herrschen, durch die immer schnelleren Bewegungen aufgebrochen werden.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Aber warum sollte das spalten und nicht ein Sauerstoffmolekül mit einem Eugenolmolekül eingehen? {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja, weil ich diese These verfolgt habe. Ob sie jetzt richtig, ist ja...{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja, klar.{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ist ja offen. Aber ich frag mich grad, wie ich das jetzt hier zeichnen soll, dass sie sich spalten? {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ja.{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja, weiß ich auch [nicht.]{/S4}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Ich mal] das einfach so auf.

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Wenn ich ehrlich bin, ich weiß, [ich weiß gar nicht genau (?...)]{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [(?...)] Luft und dann verteilt sich das.{/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Am besten...{/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Wenn ich ehrlich bin, ich weiß gar nicht genau, warum ich das genommen habe. {/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Oh, du Perfektionistin.{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Warum?{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Aber du, ne!{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ich hab das irgendwie gemalt. Aber du. {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Macht euch hier noch gegenseitig fertig. ---- Und jetzt müssen wir das gegenseitig erklären, ne? {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ja, warte die S4 ist noch nicht soweit. {/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: (?...){/S4}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Genau. Ok.{/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: So, ich muss ja wahrscheinlich anfangen, ne?{/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ja.{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Von mir aus. Wenn du gerne möchtest. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Joa. Also ich muss das jetzt so erklären, also ich habe ja Antwort C gewählt. Die Eugenolmoleküle spalten sich. {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja.{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Nach folgender These: Nach der Brownschen Molekularbewegung durch Wärme. Wir wissen ja, je wärmer es ist, desto mehr Bewegungen haben wir oder einen höheren Bewegungsgrad. Und da sich, ähm, das erhitzt wird, bewegen sich die Moleküle schneller und durch diese Bewegung schwingen die weiter. Die Schwingungen zwischen, in den Verbindungen sind stärker, sodass die Verbindungen irgendwann aufbrechen und sich die Eugenolmoleküle spalten und sich im Raum diffundieren. {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ähö.{/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Diese These verfolge ich. {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ich hab Antwort B. Die Abstände der Atome innerhalb der Eugenolmoleküle werden größer. Hab ich auch gedacht wegen den Brownschen Molekularbewegungen, durch die Wärme werden die ja schneller und da hab ich gedacht, da stoßen die sich mehr ab. Und dadurch, – ja, wird der Abstand größer. {/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Also ich hab Antwort D, die Moleküle reagieren mit Luftsauerstoff. Und zwar hab ich mir das so gedacht, wenn man ja die Kerze hat, dann wird das ja, dieses – Eugenol, ähm, so erhitzt und dann verdampft das so und dann vermischt es sich mit dem Sauerstoff im Raum und verteilt sich dann im ganzen Raum. {/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Also ich hab auch Antwort D genommen, ähm, die Moleküle reagieren mit dem Luftsauerstoff, weil: Warum reagiert das nur mit, warum riecht man das nur, wenn es erhitzt wird. Ähm, die Hitze ist sozusagen der Auslöser dafür, dass es dann mit dem Sauerstoff reagiert und sich dann so in der Luft verteilt.{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Und wenn ich da nochmal kurz drauf zurückkommen möchte, um nochmal auf die Brownsche Molekularbewegung hinzuweisen. Das haben wir auch mit dem Kaliumpermanganat gehabt. Im kalten Wasser hat sich das nicht so schnell ausgebreitet wie in warmem Wasser. Warmes Wasser, – kaltes Wasser. – Ja:, ja, um nochmal die These der Brownschen Molekular...{/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Tragt] eure Argumente in den Argumentationsbogen ein.{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Ok, jetzt] müssen wir das da [aufschreiben].{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: [Wer hat denn] mein Kürzel da eingetragen?{/S4}{!end}

{SPRECHER}S2{/SPRECHER}. Ich.

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Also ich muss als erster schreiben, ne? {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Mh. {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja su, [wunderbar]. {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Warum schreibt nicht] einer für alle? Meine Schrift ist so hässlich. {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: [Ja, ok.]{/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Ja, ok.]{/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Was sollen wir denn da schreiben?{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Wer schreibt denn? {/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ich kann nicht schön schreiben. Also das... [Ich bin schon mal raus.]{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: [Was sollen wir denn da reinschreiben?]{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Unsere Argumente.]{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Unsere Argumente.]{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Impuls, was heißt, wir angekreuzt [haben]? {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Nein.]{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Nein.] {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: [Lernimpuls] 1.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Woher wisst ihr das?{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ja, [weil]...{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Weil das] da draufsteht.{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ach so.{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Also jeder muss sein Argument eintragen? {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ja {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja, okay.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Aber wir haben gar nicht für sieben Stationen sieben Zeilen. ——— Los. {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Sonst frag nochmal. {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja, egal, sonst quetschen wir vielleicht [meine Antwort in eins...]{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Aber für euch beide] kann man ja eins zusammen nehmen. {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja, gut. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Wir haben keine Kanne mehr. {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Hallo! {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Was? Ja! Hallo, mein Argument? {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Jetzt müssen wir eintragen, was du hattest, ne, was hattest du für eine Antwort? C, [ne]?{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: [Ja,] C.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja? {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [(lacht)]{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [(lacht)]{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Jetzt gib mal stichwortartig oder in einem Satz an, warum.{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Äh:::m. Brownsche Molekularbewegung, Teilchen bewegen sich schneller, Bindungen brechen auf, Moleküle spalten sich. —— War ein bisschen schnell, oder?{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: (?...Kam danach...) {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Brownsche Molekularbewegung, Teilchen bewegen sich schneller – oder Moleküle,{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja.{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Äh, Bindungen brechen auf und -- Bindung zwischen, zwischenmolekulare Bindungen brechen auf. {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Schreib einfach: Bindungen brechen auf.]{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Schreib einfach: Bindungen brechen auf.]{/S3}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: (lacht){/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Und dann, äh:, Spaltung, oder was?{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja. Spaltung und... {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Dann steht hier in der Spalte: Spricht gegen die Auswahlantworten... {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Auf jeden Fall, gegen was spricht das denn? {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Gegen D dann, weil das dann ja eine Reaktion eingeht. {/S4}{!end}

{SPRECHER}S1{/SPRECHER}. N–Ja.

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Also soll ich hier D eintragen?{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Würd ich mal sagen, jaja, D. {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Dann steht da, Bewertung des Arguments: stark, mittel, schwach. Das sollen wir auch ankreuzen, oder? {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: [Mhm.] {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: [Mhm.]{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: [Mhm.]{/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Wie bewertet ihr das? Kann man [dem folgen]? {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: [Also ich würde] schon sagen, dass das eher da ist.{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ja, würd ich auch sagen, so im oberen Bereich. {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: So.—— (?...) eins, S2, was für einen Buchstaben hattest du?

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Äh:, B. {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja, warum? {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Durch Brownsche Molekularbewegung, also Brownsche Molekularbewegung, {/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Hast abgeschrieben. Machst du jetzt hier den Guttenberg? (?...){/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: (lacht){/S3}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: (lacht) Durch die Wärme bewegen die sich mehr. {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja:.{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Dadurch werden die Abstände der Moleküle größer. {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Wieder eins {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Das ist, glaub ich, [gegen, gegen]...{/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: [Ach ja, Entschuldigung.]{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Gegen A.] {/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Gegen auch D.]{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Warum, was ist A? {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Die Abstände der Moleküle zueinander werden größer.{/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Spricht dagegen, ja, also, das ist ja innerhalb und bei A wird davon gesprochen, dass die Abstände der Eugenolmoleküle zueinander größer werden. Also spricht das auf jeden Fall gegen A und gegen C und [gegen D].{/S1}{!end}

{SPRECHER}S2{/SPRECHER}:(lacht) [Gegen D.]

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Und wie ordnen wir das ein? Ist das eher stark, mittel oder sagen wir das ist schwach? {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ich würd eher sagen mittel oder schwach. {/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Also vollkommen überzeugt war ich jetzt nicht von dem Argument. {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ich auch nicht. Sag mittel. {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja, würd ich [auch sagen]. {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Mach einen] Kreis. {/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: So::.{/S4}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Jetzt sind wir, S4.{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Soll ich das formulieren, [was] ich grad gesagt habe?{/S4}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Ja.]{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Das reagiert ja durch die Wärme, ne?{/S4}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Ja, mit dem Sauer[stoff].{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: [Dann schreib ich], dass das Eugen Nelkenöl, ne? ———— Kann man dann eigentlich sagen, dass diese Hitze so ein Katalysator ist?{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Du möchtest das als Katalysator sehen, der bestimmte Prozesse beschleunigt? {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Oder überhaupt einleitet. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Wenn das deiner Theorie entspricht, dass du der Auffassung danach bist? {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Kann man ja sagen. Eugenol plus Hitze, ne? {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Was ist dann unser Katalysator? Und was ist ähm... Wäre die Hitze der Katalysator nach der These. {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Mhm. {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Äh:, und dann... {/S1}{!end}{/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Nee, äh, plus Sauerstoff.{/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Eugenol plus Sauerstoff reagiert mit und nicht zu. Nein, jetzt hab ich das falsch geschrieben. {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Nee, Eugenol und Sauerstoff reagieren mit Hitze. Oder? {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Dann muss man Hitze unter dieses Plus schreiben.{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Nee, unter den Pfeil. {/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Auf den Pfeil. {/S3}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Kein Kommentar.{/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: (?Ähm:, was wollte ich jetzt) – Sauerstoff...{/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: So! {/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Eigentlich schreibt man hier dann noch – Hitze, unter Einwirkung von Hitze. -- Ne? {/S4}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Das sieht aus wie ein gequältes Gesicht. {/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: .Uä::.{/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Das spricht wogegen? Dann (?...){/S1}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: (?...){/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Auf jeden Fall gegen D. {/S2}{!end}

{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja, D spricht gegen D, [oder so?]

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Äh:::] {/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: [Gegen C.]{/S3}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Mein ich doch. {/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: [Jaja, jetzt.] – Klar, dass es meine These ist, wo man dagegen halten muss. Ne? — Ja, spricht aber dagegen. Und gegen, dann aber auch gegen A und B, ne? Davon wird auch nicht...{/S1}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Das da trifft aber dann auch, also gegen die anderen da alle an. A und B.{/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ist ja logisch dann, durch den Wind verteilt sich das ja dann. So was?{/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Spricht gegen D, C. {/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Ja, hundertpro. {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Und S1 meinte noch gegen A und B.{/S2}{!end}

{S1}{SPRECHER}S1{/SPRECHER}: Ja. Da wird ja nichts davon gesagt, dass das mit Sauerstoff reagiert. Von den Thesen (?...) B und C. Mo–ment, wir sind noch nicht ganz fertig. {/S1}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Und ich würd das schon als mittel bis stark [einschätzen]. {/S3}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: [Ja.]{/S2}{!end}

{S3}{SPRECHER}S3{/SPRECHER}: Mach ein stark (?...bisschen...){/S3}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Was, wie wir das machen... {/S4}{!end}

{S2}{SPRECHER}S2{/SPRECHER}: Ja.{/S2}{!end}

{S4}{SPRECHER}S4{/SPRECHER}: Voll gut, oder? {/S4}{!end}

b) Ausschnitt aus ursprünglichem Transkript mit Zeiten; Schl3; Ausschnitt aus Lernimpuls 1

****

Schl – Gruppe 3 – Teil 1 (von 2)

Letzte Änderung: 13.06.2012

S1: C121
S2: C113
S3: C123
S4: C107

****

S3: ¤<0>(0:00:00.0) Testaufnahme ¤<1823>(0:00:01.8)

S1: ¤<1918>(0:00:01.9) C1 21 ¤<3633>(0:00:03.6)

S2: ¤<3874>(0:00:03.9) C1 13 ¤<5428>(0:00:05.4)

S3: ¤<5468>(0:00:05.5) C1 23 ¤<7320>(0:00:07.3)

S4: ¤<7614>(0:00:07.6) C7 ¤<8375>(0:00:08.4)

(lachen)

S4: ¤<10222>(0:00:10.2) Ne, das war jetzt noch nicht ganz.¤<12273>(0:00:12.3)

S2: (lacht) ¤<13909>(0:00:13.9) Und nochmal.¤<15049>(0:00:15.0)

S3: Nein.

S1: ¤<15592>(0:00:15.6) Nicht (?noch...)¤<16654>(0:00:16.7)

S2: Das ist wenig.

S4: ¤<17410>(0:00:17.4) Sollen wir mit der 1 anfangen? ¤<18743>(0:00:18.7)

S2: Ja, wir sollen von 1 bis 7 durcharbeiten.

S1: ¤<20947>(0:00:20.9) Wir fangen am besten mit der 7 an.¤<22909>(0:00:22.9)

S4: Also ich wäre ja für die 4.¤<24436>(0:00:24.4)

S3: ¤<24961>(0:00:25.0) Warum?¤<26113>(0:00:26.1)

S2: ¤<26130>(0:00:26.1)Ich bin [für die 3.]

S4: ¤<26707>(0:00:26.7) [Das ist] schon mehr als die Hälfte.¤<27690>(0:00:27.7)

S3: ¤<29233>(0:00:29.2) Hier kriegst du es nicht hin.¤<30364>(0:00:30.4)

S2: Ich weiß (leise).¤<31615>(0:00:31.6)

S4: (?...)¤<35057>(0:00:35.1)

S1: Ja, wenn man das jetzt noch aufkriegen würde. - Na verdammt, hm.¤<38503>(0:00:38.5)

S4: Hallo, willst du es machen? ¤<40261>(0:00:40.3)

S1: Nein! ¤<40835>(0:00:40.8)

Off-Topic

S1: ¤<60156>(0:01:00.2) (?Irgendwas) zeichnen.¤<61153>(0:01:01.2)
¤<65428>(0:01:05.4) Worauf sollen wir denn zeichnen? ¤<66708>(0:01:06.7)

S2: Ich glaube auf das leere Blatt.¤<68641>(0:01:08.6)

S3: ¤<70875>(0:01:10.9)Ich hab keinen [Stift.]¤<72106>(0:01:12.1)

S2: [Ich frag] mal.¤<72531>(0:01:12.5)

S1: (?...) die erste Frage ¤<74666>(0:01:14.7)

S2: (lacht)¤<75805>(0:01:15.8)

S4: ¤<76872>(0:01:16.9) Und wozu ist das Argumentationsblatt? ¤<79182>(0:01:19.2) [Brauchen wir das jetzt auch?] ¤<80097>(0:01:20.1)

S2: [Sollen wir das auf das leere Blatt zeichnen?]

P: Ähm, - Genau! ¤<82956>(0:01:23.0)

S4: Was ist mit dem Blatt? ¤<83255>(0:01:23.3)

S2: Okay. ¤<83967>(0:01:24.0)

S3: Ich weiß gar nicht, was ich zeichnen soll. ¤<87602>(0:01:27.6)

S2: Ich auch nicht. ¤<90014>(0:01:30.0)

S1: Hier riecht es nach Nagellackent [ferner.] ¤<91611>(0:01:31.6)

S3: [Also unsere Ant]wort, die wir hier hingeschrieben, die wir hier angekreuzt haben ¤<94598>(0:01:34.6)

S4: Ja. ¤<95535>(0:01:35.5) (leise:) Was ist nochmal das Kürzel für Sauerstoff? ¤<99037>(0:01:39.0)

S1: (leise:) O_2 ¤<100020>(0:01:40.0)

S4: (leise:) O_2?¤<100697>(0:01:40.7)

S1: (leise:) Ja.¤<102202>(0:01:42.2) Genau.¤<103628>(0:01:43.6)

S3: Lernimpuls 1.¤<107959>(0:01:48.0)

S3: ¤<118020>(0:01:58.0) Auf der Teilchenebene? ¤<120612>(0:02:00.6)

S1: ¤<122540>(0:02:02.5) Äh? ¤<123287>(0:02:03.3)

S2: ¤<132051>(0:02:12.1) Ich trag mal unsere Kürzel ein, ne?¤<134071>(0:02:14.1)

S1: ¤<136537>(0:02:16.5) Jeder muss seine Argumente eintragen?¤<138451>(0:02:18.5)

S4: Ich weiß es nicht.

S2: C1 zu 1 ¤<141545>(0:02:21.5)

S4: Ähm, muss jeder seine Argumente eintragen¤<144300>(0:02:24.3)

L (Laut, für die gesamte Klasse): ¤<145423>(0:02:25.4) Also die Zeichnung, da habt ihr extra auf der zweiten Seite Schmierpapier. ¤<149384>(0:02:29.4)

S3: Ich bin überfordert.¤<151175>(0:02:31.2)

S1: Eine Frage noch, muss jeder sein Argument eintragen? ¤<154523>(0:02:34.5)

P: Äh, ja, also von der ganzen Gruppe. ¤<157101>(0:02:37.1)

S1: Ok-ay.¤<158190>(0:02:38.2)

S1: ¤<162745>(0:02:42.7) Gut zeichnen wir mal.¤<164189>(0:02:44.2) Hm, das wird jetzt schon eine Herausforderung für mich.¤<165874>(0:02:45.9)

S4: Wie malt man ein Sauerstoffmolekül? ¤<167350>(0:02:47.4)

S3: ¤<173468>(0:02:53.5) Hier, wir haben die gleiche Antwort, wir können zusammenarbeiten. ¤<175425>(0:02:55.4)

S4: Ich hab mir erstmal das Molekül hier aufgemalt.¤<177915>(0:02:57.9)

¤<179686>(0:02:59.7) Wie heißt das nochmal, Eugelamolekül? ¤<181879>(0:03:01.9)

S1: Eugenol, ja.¤<182927>(0:03:02.9)

S4: ¤<185856>(0:03:05.9) Ich find ich mal das voll schön. ¤<188135>(0:03:08.1)

S1: Gott. ¤<190108>(0:03:10.1) (?...)

S4: ¤<192569>(0:03:12.6) Wie malt man denn ein Sauerstoffmolekül? ¤<196473>(0:03:16.5)

S2: Mal einfach.¤<199832>(0:03:19.8)

S1: Das ist ein O mit zwei Hs dran.¤<203042>(0:03:23.0)

S4: CO_2?¤<206030>(0:03:26.0)

S1: H.¤<208003>(0:03:28.0) COH Ein O und dann malst du zwei Hs dran. ¤<211461>(0:03:31.5)

S4: Das ist doch O_2. ¤<214346>(0:03:34.3)

S1: Sauerstoff. ¤<215580>(0:03:35.6)

S4: Ja, musst du zwei Os machen weil es zweimal dann gebunden vorkommt, oder nicht?¤<219325>(0:03:39.3)

S1: Ach, stimmt hat (?...) ich hab ja Wasser, ja::, einfach nur ¤<223530>(0:03:43.5)

S4: Sauerstoff.¤<224570>(0:03:44.6)

S1: (?Zusammengebunden) Doppelbindung zwischen den Sauerstoffatomen¤<227529>(0:03:47.5)

S4: Ja, zwischen den Os schon. ¤<229575>(0:03:49.6)

S1: Ja, dann...¤<230814>(0:03:50.8)

S4: Ist ja O_2, ne! ¤<231947>(0:03:51.9)

S1: Ich muss jetzt mal versuchen meine Theorie zu ver[stehen.]¤<233828>(0:03:53.8)

S4: [Sauerstoff ist $O]_2$?¤<234203>(0:03:54.2)

S1: Ja. ¤<234848>(0:03:54.8)

S4: ¤<239031>(0:03:59.0) Da gibts ne Doppelbindung und dann so zwei ¤<242303>(0:04:02.3) [Striche] [S2: Ja] für die [S2: (?...)].¤<244302>(0:04:04.3)

S4: ¤<256436>(0:04:16.4) Was stand jetzt auf der Karte? ¤<257858>(0:04:17.9)

S2: ¤<265235>(0:04:25.2) Ich glaub ich hab jetzt nicht das gemacht, was ich eigentlich gesagt habe, aber egal.(lachen)¤<269169>(0:04:29.2)

S3: (kichert)

S1: Hö.¤<271600>(0:04:31.6)

S1: ¤<279389>(0:04:39.4) Stellt sich nur die Frage, wo trennen die sich? ¤<281604>(0:04:41.6)

S3: ¤<284891>(0:04:44.9) Soll ich das auch so malen, wie du das gemalt hast?¤<286511>(0:04:46.5)

S4: Aber ich kann mir nicht erklären, also ich hab einfach angekreuzt, dass es mit dem Sauerstoff reagiert.Nee ¤<292857>(0:04:52.9) Weil das für mich irgendwie das Logischste war. ¤<294689>(0:04:54.7) Weil, wenn es mit Sauerstoff reagiert, dann muss es ja ne Verbindung gasförmig sein und die verstreut ja im Raum. ¤<301114>(0:05:01.1)

S1: Also du meinst, diffundiert ja nach der Brownschen Molekularbewegung. ¤<303538>(0:05:03.5)

S1: Durch,

S4: Ja. ¤<304780>(0:05:04.8) Ja, ich habe auch die These der Brownschen Molekularbewegung verfolgt und bin dann zum Entschluss gekommen, dass sie sich hier spalten ¤<309620>(0:05:09.6) Durch immer schnellere Bewegungen,--- wie wir das heute schon in Bio hatten, wo ich die These aufgestellt hab, dass deswegen die Enzyme aufbrechen. An ihrer Tertiärstruktur ¤<321794>(0:05:21.8)

S4: Hm ¤<322501>(0:05:22.5)

S1: Dass sie deswegen aufbrechen und sich die Moleküle spalten. Durch das die Verbindungen, die zwischen den Molekülen herrschen, durch die immer schnelleren Bewegungen aufgebrochen werden.¤<329762>(0:05:29.8)

S4: Aber warum sollte das spalten und nicht ein Sauerstoffmolekül mit einem Eugenolmolekül eingehen? ¤<335991>(0:05:36.0)

S1: Ja, weil ich diese These verfolgt habe. Ob sie jetzt richtig, ist ja... ¤<339239>(0:05:39.2)

S4: Ja, klar.¤<340121>(0:05:40.1)

[...]

c) Kodiersystem; Schl3; Lernimpuls 1 und 2

Lernimpuls 1 Intendierte Lösung: Alle in der Gruppe vertretenden Antworten werden begründet und von ihren Vertretern durch Argumente gestützt. Eventuell werden einzelne Antworten bereits hier durch andere Gruppenmitglieder geschwächt oder widerlegt.										
Zeit		S1 C121 (C)	S2 C113 (B)	S3 C123 (D)	S4 C107 (D)	Inhalt	KE	Bezug	In-ten-tion	Sonstiges
02:45	02:47				x	Wie malt man denn ein Sauerstoffmolekül?				
03:19	03:23	x				O mit zwei Hs dran				
03:23	03:26				x	CO_2?				
03:28	03:31	x				O und dann malst du zwei Hs dran				
03:31	03:34				x	Das ist doch O_2				
03:34	03:35	x				Sauerstoff				
03:35	03:39				x	Muss man zwei Os machen? Weil es zweimal dann gebunden vorkommt				
03:39	03:43	x				Stimmt, ich hab ja Wasser				
03:43	03:44				x	Sauerstoff				
03:44	03:47	x				Doppelbindung zwischen den Sauerstoffatomen				
03:47	03:49				x	Ja, zwischen den Os				
03:50	03:51				x	O_2				
03:53	03:54				x	Sauerstoff ist O_2?				
03:54	03:54	x				Ja				
03:59	04:04	x				Doppelbindung und zwei Striche				
04:39	04:41	C				Wo trennen die (Moleküle) sich?				

04:46	05:01				+D	Kann D nicht genau erklären. Fand es am logischsten. Durch die Reaktion mit Sauerstoff wird es gasförmig und verstreut sich im Raum				
05:01	05:03	x				Du meinst, diffundiert durch die Brownsche Molekularbewegung?				
05:04	05:21	+C				Ja, verfolge auch These der Brownschen Molekularbewegung und dass die sich spalten durch immer schnellere Bewegungen. Wie in Bio, wenn die Enzyme aufbrechen				
05:22	05:29	+C				Brechen wegen schnellerer Bewegung auf und spalten sich. Verbindungen zwischen den Molekülen werden durch schnellere Bewegungen aufgebrochen				
05:29	05:36				C D	Warum sollte sich das spalten und nicht eine Reaktion mit Sauerstoff eingehen?				
05:36	05:40	C				These verfolge ich. Ob sie richtig ist, ist ja offen				
05:39	05:40				x	Ja				
05:40	05:44	C				Ich frage mich gerade, wie ich das zeichnen soll, dass die sich spalten				
05:45	05:46				x	Weiß ich auch nicht				
05:54	05:56		B			Weiß gar nicht, wieso ich das (B) genommen habe				
06:52	06:58	+C				Eugenol spaltet sich				
06:59	07:24	+C				Nach der Brownschen Molekularbewegung: Je wärmer es ist, desto mehr Bewegungen → Moleküle schwingen weiter → Verbindungen brechen → Eugenolmoleküle spalten sich→ diffundieren im Raum				
07:28	07:45		+B			B. Nach Brownscher Molekularbewegung: Durch die Wärme werden die schneller → stoßen die sich mehr ab → Abstand wird größer				
07:24	08:04			+D		D. Eugenol wird erhitzt → verdampft → vermischt sich mit Sauerstoff → verteilt sich im ganzen Raum				

08:04	08:22				+D	D. Warum riecht man das nur, wenn es erhitzt wird? Hitze ist Auslöser, dass es mit Sauerstoff reagiert und sich so in der Luft verteilt				
08:22	08:40	+C				Brownsche Molekularbewegung: Mit Kaliumpermanganat gezeigt → im kalten Wasser nicht so schnell ausgebreitet wie in warmem Wasser				
09:49	09:55	+C				Brownsche Molekularbewegung → Teilchen bewegen sich schneller → Bindungen brechen auf → Moleküle spalten sich				
11:02	11:05				x	C und D widersprechen sich				
11:50	11:55		+B			Durch die Wärme bewegen die sich mehr				
12:10	12:13		+B			Dadurch werden die Abstände der Moleküle größer				Sagt Moleküle; meint vermutlich Atome, weil er sich bei 12:36 klar die Antwort A formuliert
12:33	12:34		x			B und A widersprechen sich				
12:33	12:34			x		B und D widersprechen sich				
12:35	12:36				A	Warum, was ist A?				
12:36	12:41		A			Die Abstände der Moleküle zueinander werden größer				
12:41	12:53	x				B ist innerhalb und bei A wird davon gesprochen, dass die Abstände der Eugenolmoleküle zueinander größer werden → B widerspricht A und C und D				
12:53	12:55		x			Gegen D?				
13:20	13:23				+D	Das reagiert ja durch die Wärme...				
13:20	13:25			+D		Mit Sauerstoff				
13:29	13:45				D	Formulierung? Hitze ist Katalysator?				
13:45	13:49	D				Katalysator, der bestimmte Dinge beschleunigt?				

14:37	14:42		D			Eugenol und Sauerstoff reagieren mit der Hitze				
16:00	16:01			x		D widerspricht C				
16:01	16:02		x			Ja, mein ich				
16:08	16:13	x				Und gegen alle anderen				
16:31	16:35				x	Wird durch den Wind verteilt				
16:35	16:37		x			Widerspricht C				
16:39	16:41		x			Und gegen A und B, meinte S1 C0121				

Argument: Brownsche Molekularbewegung -> Moleküle bewegen sich schneller -> Binden zwischen Molekülen bricht -> Spaltung
Spricht für die Auswahlantwort: C
Spricht gegen die Auswahlantwort: D
Bewertung des Arguments: stark

Argument: Brownsche Molekularbewegung -> Molekülbewegung schneller -> Moleküle größer
Spricht für die Auswahlantwort: B
Spricht gegen die Auswahlantwort: A, C, D
Bewertung des Arguments: mittel

Argument: Nelkenöl + Sauerstoff (unter Einwirkung von Hitze & Katalysator) -> Verteilung des Nelkenöl-Sauerstoff-Gemisches durch Luftbewegung
Spricht für die Auswahlantwort: D
Spricht gegen die Auswahlantwort: A, B, C
Bewertung des Arguments: mittel/stark

Lernimpuls 2 Intendierte Lösung: Bei den Auswahlantworten A, B und C wäre aufgrund der Vergrößerung von Teilchenabständen bzw. wegen der Spaltung der Moleküle eine Volumenvergrößerung zu erwarten. Bei D wäre aufgrund des fehlenden Sauerstoffs keine Volumenänderung zu erwarten. Schwächt Auswahlantwort D										
Zeit		S1 C121 (C)	S2 C113 (B)	S3 C123 (D)	S4 C107 (D)	Inhalt	KE	Bezug	In- ten- tion	Sonstiges
17:53	17:56		B			Luftballon würde größer werden			+	
18:02	18:14				D	Wird bisschen größer. Eugenol reagiert durch Hitze im Katalysator mit Sauerstoff → Dampf entsteht			-	
18:27	18:30		B			Ballon müsste größer werden			+	
18:46	18:47				B C D	Würde bei allen Thesen größer werden			+ -	
18:47	18:50	B C D				Ja			+ -	
18:50	19:03				D	Bei euch wird er größer als bei uns (D); bei D gibt es keinen großen Unterschied, weil nur wenige Tropfen Eugenol mit Sauerstoff reagieren → entsteht nur wenig Dampf			-	
19:03	19:06	D				Ja, war nur wenig Sauerstoff drin			-	
19:08	19:13				D	Bisschen aufpusten			-	
Experiment wird durchgeführt										
21:33	21:43	**A -C**				Fühle mich in eigener These widerlegt. Bei These A werden die Abstände größer, es dehnt sich aus...	E	Lernimpuls	(-)	
21:46	21:50	**-C**				Holt man Ballon raus, wird er wieder klein; kommt er wieder rein, wird er wieder groß. Nach C haben sie sich aber gespalten...			(-)	
21:50	21:52			-C		Geht nicht; können nicht wieder kleiner werden			(+)	

21:52	21:55	-D				D würde auch nicht gehen; reagieren nicht andauernd			(+)	
21:56	22:05				+D **-D**	Vielleicht ist nicht alles verdampft? Aber Dampf würde aber auch nicht weggehen, würde aufgeblasen bleiben.	I	Gespräch/ Selbst	(+)	
22:05	22:07	**+A**				Also spricht gerade alles für A	E	Lernimpuls/ Ausschluss	(+)	
22:07	22:08		**+A**			Ja	I	Gespräch	(+)	
22:10	22:12		+B			Oder B	I R	Lernimpuls/ Ausschluss	(+)	
22:12	22:13	-B				Na, ich bin... (verneinend)				
22:13	22:14		**+A**			Eher auf A	I	Gespräch	(+)	
22:19	22:23				**+A** -B	Ja, kann nur A sein. Bei B würden Moleküle auseinander bleiben, nicht wieder zusammen fallen	I	Selbst/ Lernimpuls	(+)	
22:23	22:27		-D			Eure These (D) wird geschwächt			(+)	
22:27	22:37	**+A** **+B** **-C** -D				Nach meiner These (C) müsste das einmal funktionieren und dann nicht mehr; nach D auch. Also A oder B			(+)	
22:37	22:38		**+A** +B			Ja	I R	Gespräch	(+)	
23:01	23:05			**+A** **+B** -C **-D**		C, D werden geschwächt, A, B gestärkt	I	Gespräch	(+)	
23:04	23:06				-C **-D**	C, D total aus der Bahn geschmissen	I	Gespräch	(+)	
23:07	23:09	**-C**				Mein ganzes Weltbild ist zusammengebrochen				
23:26	23:33	A C				Am Anfang zwischen A und C geschwankt; für C entschieden				

23:33	23:37		A B			Zwischen A und B geschwankt				
23:37	23:38	A C				A und C				
23:38	23:40			A B		A und B von vornherein ausgeschlossen				
23:40	23:42	A C				Nein A und C, aber dann...				
23:47	23:59				x	Da der Vorgang mehrmals hintereinander erfolgen kann...			(+)	
24:00	24:04		**+A** +B -C -D			Für A und B, gegen C und D			(+)	
24:04	24:08				x	Vorgang kann mehrmals hintereinander erfolgen...			(+)	
24:14	24:16	x				Wird das nicht schwächer?				
24:16	24:17		x			Nein				
24:24	24:26			x		Moleküle bleiben zusammen				
24:26	24:33		**+A** +B			Spricht für die Auswahlantwort A und B			(+)	
24:26	24:33			**+A** **+B**		Spricht für die Auswahlantwort A und B			(+)	
24:33	24:37				**+A** **+B** -C **-D**	Spricht für die Auswahlantwort A und B. Gegen C und D			(+)	
Argument: Da dieser Versuch mehrmals hintereinander erfolgen kann Spricht für die Auswahlantwort: A, B Spricht gegen die Auswahlantwort: C, D Bewertung des Arguments: -										

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Maria Egbers

Geburtsort: Thuine

Studium

11/2007: Bachelor of Science, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

09/2009: Master of Education, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Beruflicher Werdegang

ab 11/2014	Studienreferendarin an der Königin-Luise-Schule, Köln
02/2013 bis 10/2014	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Didaktik der Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster Promotionstätigkeit im Fach Chemiedidaktik
10/2009 bis 02/2013	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Chemie und ihre Didaktik an der Universität zu Köln Promotionstätigkeit im Fach Chemiedidaktik

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die Dissertation von mir selbstständig verfasst wurde und alle in Anspruch genommenen Quellen und Hilfsmittel in der Dissertation vermerkt wurden. Ich habe mich nicht bereits früher einem Promotionsverfahren unterzogen, und die als Dissertation vorgelegte Arbeit wurde nicht bereits in der gegenwärtigen oder einer anderen Fassung im Zusammenhang mit einer staatlichen oder akademischen Prüfung vorgelegt. Gegen die Teilnahme von Zuhörern an der mündlichen Prüfung gemäß § 90 Abs. 6 UG wird kein Widerspruch erhoben.

_____

Maria Egbers

Teilpublikationen

Marohn, A. & Egbers, M. (2011), Vorstellungen verändern – Lernmaterialien zum Thema „Verdampfen“ im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn“. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 3/60, S. 5-9.

Egbers, M. & Marohn, A. (2013), Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice2learn, S. 461-463. S. Bernhold (Hrsg.), *Inquiry based learning – Forschendes Lernen*. IPN Kiel.

Egbers, M. & Marohn, A. (2014), Schülervorstellungen verändern. Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn“, S. 120-128. B. Ralle, S. Prediger, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen. Ergebnisse und Perspektiven fachdidaktischer Forschung*. Münster: Waxmann.

Egbers, M., Wischerath, K. & Marohn, A. (angenommen), Lernen über Nature of Science im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn“. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 6/64, S. 23-29.

Bisher erschienene Bände der Reihe

Lernen in Naturwissenschaften

ISSN 2566-493X

1	Maria Egbers	Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn“ ISBN 978-3-8325-4510-9 53.00 EUR
2	Daniel Laumann	Magnetismus hoch 4. Fachliche Strukturierung und Entwicklung multipler Repräsentationen zum Magnetismus für die Hochschule ISBN 978-3-8325-4571-0 60.50 EUR
3	Friederike Rohrbach-Lochner	Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellungen. Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminarkonzepts ISBN 978-3-8325-4944-2 53.50 EUR
4	Lisa Rott	Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren. Die Unterrichtskonzeption „choice2explore“ ISBN 978-3-8325-4817-9 83.00 EUR
5	Eva Julia Kolbeck	Schulung von Vermittlungsfähigkeiten Promovierender im Fach Chemie. Die Weiterbildung „How to communicate chemistry?“ ISBN 978-3-8325-4953-4 71.00 EUR
6	Björn Dellbrügge	Choice2interact. Interaktiv Lernen mit Tablets im Chemieunterricht ISBN 978-3-8325-5119-3 79.00 EUR
7	Felicitas Jürgensmeier	Offene Experimentiersituationen ermöglichen und charakterisieren. Eine Schülerlaboreinheit zu einem curricular innovativen Thema ISBN 978-3-8325-5184-1 89.00 EUR
8	Jan-Bernd Haas	chem.LEVEL. Fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone Dreiecks ISBN 978-3-8325-5345-6 89.00 EUR

9	Florian Jungkamp	Kontroversen mit Hilfe wissenschaftlicher Prüfkriterien bewerten. Die Unterrichtskonzeption choice^{2}reflect ISBN 978-3-8325-5362-3 69.50 EUR
10	Christopher Kralisch	Wissenschaftskriterien verstehen und anwenden Weiterentwicklung der Unterrichtskonzeption choice^{2}reflect zur Bewertung gesellschaftlicher Kontroversen ISBN 978-3-8325-5517-7 91.50 EUR
11	Fabian Gust	Das Self-assembLAB. Entwicklung, Erprobung und Optimierung eines curricular innovativen Schülerlabors zum Thema Self-assembly ISBN 978-3-8325-5517-7 85.50 EUR
12	Marius van den Boom	Die Unterrichtskonzeption *feil*. Fehlschlüsse identifizieren lernen ISBN 978-3-8325-5562-7 87.00 EUR
13	Larissa Katharina Fühner	Experimentierpraxis im Spektrum der Möglichkeiten. Eine rekonstruktive Analyse der Experimentierpraxis im inklusionsorientierten Physikunterricht ISBN 978-3-8325-5562-7 59.50 EUR
14	Tobias Bergold	NAWI-Konzepte. Digitaler Transfer von neuen Unterrichtskonzepten für den naturwissenschaftlichen Unterricht mithilfe einer Website ISBN 978-3-8325-5719-5 78.00 EUR
15	Yvonne Rath	Stolpersteine im Lehrerhandeln. Anbahnung eines Handlungsrepertoires durch videobasierte Reflexionen im Lehr-Lern-Labor ISBN 978-3-8325-5769-0 89.00 EUR
16	Carolin Banse	Nachhaltigkeit bewerten mithilfe einer Bewertungsscheibe. Entwicklung einer Konzeption für den naturwissenschaftlichen Unterricht am Beispiel Elektromobilität ISBN 978-3-8325-5895-6 98.50 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN-Nummer direkt online (http://www.logos-verlag.de) oder per Fax (030 - 42 85 10 92) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Verstehen und *Entwickeln* bilden eine fachdidaktische Einheit: das Verstehen von Lernprozessen hilft uns, innovative Lernangebote zu entwickeln und an Rahmenbedingungen anzupassen. Die Erprobung und Analyse dieser Angebote kann wiederum zu erweiterten Erkenntnissen und einem tieferen Verstehen führen. Diese Schriftenreihe rückt daher beide Aspekte in den Fokus – mit dem Ziel, das zu fördern, was uns als Naturwissenschaftsdidaktikern am Herzen liegt: das Lernen in Naturwissenschaften!

„Wenn ein Stoff verdampft, spalten sich seine Moleküle." Viele Schülervorstellungen zu vermeintlich einfachen Thematiken wie dem Verdampfungsvorgang sind auch bei SchülerInnen der Oberstufe vorzufinden. Die Frage nach dem Umgang mit diesen Vorstellungen in der schulischen Praxis blieb jedoch lange Zeit offen. Einen Ansatz bildet die Unterrichtskonzeption choice^{2}learn (Marohn 2008); diese verfolgt das Ziel, Schülervorstellungen über Gesprächsprozesse und die Auseinandersetzung mit anomalen Daten zu verändern.
Die vorliegende Arbeit knüpft im ersten Schritt an diese Entwicklungsarbeit an, indem in einem zyklischen Verfahren Unterrichtsmaterialien für choice^{2}learn konzipiert, erprobt und schrittweise optimiert wurden. Um die Lernprozesse der SchülerInnen während der Unterrichtskonzeption besser zu verstehen, schließt sich im zweiten Schritt eine qualitative Fallstudie an, in der die ablaufenden Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse detailliert analysiert und in Beziehung gesetzt werden. Ziel war es, Faktoren für ein erfolgreiches bzw. weniger erfolgreiches Lernen im Sinne einer Veränderung von Schülervorstellungen zu ermitteln. Als wesentliche Einflussfaktoren auf eine erfolgreiche Konzeptentwicklung konnten u.a. Ko-Konstruktionen sowie interpretative Gesprächsabschnitte herausgearbeitet werden.

ISBN 978-3-8325-4510-9

Logos Verlag Berlin

ISSN 2566-493X