

Strippel, Christian G.

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation

Berlin : Logos Verlag 2017, IX, 264 S. - (Studien zum Physik- und Chemielernen; 238) - (Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2017)



Quellenangabe/ Reference:

Strippel, Christian G.: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation. Berlin : Logos Verlag 2017, IX, 264 S. - (Studien zum Physik- und Chemielernen; 238) - (Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2017) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-333769 - DOI: 10.25656/01:33376; 10.30819/4577

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-333769>

<https://doi.org/10.25656/01:33376>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<https://www.logos-verlag.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, solange Sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen und das Werk bzw. diesen Inhalt nicht bearbeiten, abwandeln oder in anderer Weise verändern.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to alter or transform this work or its contents at all.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Studien zum Physik- und Chemielernen

H. Niedderer, H. Fischler, E. Sumfleth [Hrsg.]

238

Christian G. Strippel

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln

Konzeption und empirische Untersuchung einer
Ausstellung mit Experimentierstation

λογος

Studien zum Physik- und Chemielernen

Band 238

Christian G. Strippel

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln

Konzeption und empirische Untersuchung einer
Ausstellung mit Experimentierstation

Logos Verlag Berlin



Studien zum Physik- und Chemielernen

Hans Niedderer, Helmut Fischler, Elke Sumfleth [Hrsg.]

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

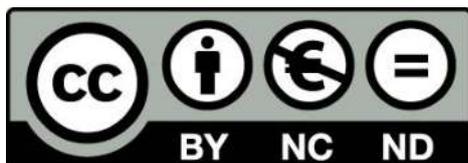
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Dissertation, Universität Bochum, Fachbereich Chemie/Biochemie, 2017

© Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2017

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-4577-2



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

Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90

Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92

<http://www.logos-verlag.de>

Danksagung

Viele Menschen haben mich über die Jahre hinweg inspiriert, herausgefordert und gefördert. Ihnen allen gebührt mein Dank. Einigen davon möchte an dieser Stelle persönlich danken:

Prof. Dr. Katrin Sommer hat dieses Promotionsprojekt und mich über viele Jahre betreut. Sie hat mir alle erdenklichen Freiheiten gelassen und mir großes Vertrauen entgegengebracht. Dabei war sie stets mit einem offenen Ohr und einem Lösungsvorschlag zur Stelle.

Prof. Dr. Martina Havenith-Newen hat dieses chemiedidaktische Projekt im Rahmen des RE-SOLV *Cluster of Excellence* ermöglicht. Sie hat mit ihrem persönlichen Einsatz viel dazu beigetragen, dass die konzeptionellen Ideen des Projektes umgesetzt werden konnten.

Prof. Dr. Dominik Marx, Prof. Dr. Lars Schäfer, Prof. Dr. Martin Muhler, Prof. Dr. Frank Schulz, Prof. Dr. Andreas Erbe, Prof. Dr. Axel Rosenhahn und Prof. Dr. Martina Havenith-Newen mit ihren Gruppen sowie Dr. Jens Ransch danke ich für ihre Mitarbeit an der Wanderausstellung.

Tom Kohlbauer teilt meine unbändige Bereitschaft, kreuz und quer zu denken.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Lehrstuhls für Chemiedidaktik der Ruhr-Universität und des Alfred Krupp-Schülerlabors haben mich in vielen kleinen und großen Anliegen unterstützt.

Prof. Dr. Norman G. Lederman danke ich für die beiden bereichernden Forschungsaufenthalte am Illinois Institute for Technology (Chicago, IL).

Dr. Sven Wagner danke ich für seine akademischen Ratschläge, die zuerst zu einem Studium an der University of Cambridge und schließlich zu unserer jahrelangen Freundschaft geführt haben.

Den Ultimate Frisbee Spielerinnen und Spielern in Bochum, Deutschland und ganz Europa gilt mein Dank für all die Begegnungen auf dem Platz und abseits des Platzes. Sie haben meinen Blick auf die Dinge verändert. Einen besonderen inhaltlichen Beitrag zu dieser Arbeit hat Sebastian „Sepp“ Bergmann geleistet. Ich wusste, wie meine Kommunikationsgraphen aussehen sollten, aber er hat das Skript programmiert. Danke!

Schließlich danke ich meiner Familie. Ihr unterstützt mich. Ihr hinterfragt mich. Ihr seid für mich da.

Two roads diverged in a yellow wood,
And sorry I could not travel both
And be one traveler, long I stood
And looked down one as far as I could
To where it bent in the undergrowth;

Then took the other, as just as fair,
And having perhaps the better claim,
Because it was grassy and wanted wear;
Though as for that the passing there
Had worn them really about the same,

And both that morning equally lay
In leaves no step had trodden black.
Oh, I kept the first for another day!
Yet knowing how way leads on to way,
I doubted if I should ever come back.

I shall be telling this with a sigh
Somewhere ages and ages hence:
Two roads diverged in a wood, and I –
I took the one less traveled by,
And that has made all the difference.

(Robert Frost, The Road Not Taken, *Mountain Interval*)

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung	vii
Abstract	ix
1 Einleitung	1
2 Stand der Forschung	3
2.1 Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Lehr-Lern-Kontext	3
2.1.1 Begriffsklärungen.....	3
2.1.2 Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.....	7
2.1.3 Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung: Empirische Befunde.....	10
2.1.4 Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung	12
2.1.5 Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung: Empirische Befunde.....	18
2.1.6 Zusammenfassung.....	20
2.2 Naturwissenschaftsvermittlung an informellen Lernorten	23
2.2.1 Begriffsklärungen.....	23
2.2.2 Kontext-Modell des informellen Lernens und weitere Ansätze	25
2.2.3 Empirische Befunde zur Vermittlung von Naturwissenschaften an non-formalen und informellen Lernorten	28
2.2.4 Zusammenfassung.....	33
2.3 Synthese: Lernen über und durch Erkenntnisgewinnung an informellen Lernorten	35
3 Zielsetzungen	39
4 Konzeptioneller Teil	41
4.1 Ziele der Ausstellung	45
4.2 Exhibition Brief	46
4.3 Konzeption und Umsetzung der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“	47
4.3.1 Didaktische Rekonstruktion und Umsetzung der fachwissenschaftlichen Inhalte von <i>Solvation Science</i>	49
4.3.2 Didaktische Rekonstruktion und Umsetzung der Prozesse der Erkenntnisgewinnung	53
4.4 Konzeption und Umsetzung der Experimentierstation „ECce!“	57

4.4.1	Konzeption.....	57
4.4.2	Pilotierung.....	61
4.4.3	Implementierung in „Völlig losgelöst“	62
4.5	Zusammenfassung des konzeptionellen Teils	63
5	Empirischer Teil.....	65
5.1	Forschungsfragen	65
5.2	Methode	69
5.2.1	Design.....	69
5.2.2	Stichprobe	69
5.2.3	Datenerhebung.....	73
5.2.4	Datenauswertung.....	76
5.3	Ergebnisse	92
5.3.1	Ergebnisse zu F1: Voraussetzungen der Probanden	92
5.3.2	Ergebnisse zu F2: Verhalten an der Experimentierstation „ECce!“	97
5.3.3	Ergebnisse zu F3: Selbstbericht der Probanden im Post-Interview über das Verhalten an der Experimentierstation	120
5.3.4	Ergebnisse zu F4: Zusammenhänge zwischen dem Verhalten an der Experimentierstation und personengebundenen Prädiktoren.....	125
5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	137
5.5	Diskussion des empirischen Teils.....	145
5.5.1	Diskussion der Methodik.....	145
5.5.2	Diskussion der Ergebnisse	149
6	Zusammenfassung und Ausblick	157
6.1	Zusammenfassung.....	157
6.2	Ausblick.....	169
7	Summary and Outlook.....	173
7.1	Summary.....	173
7.2	Outlook.....	185
8	Literaturverzeichnis	189
9	Abbildungsverzeichnis.....	199
10	Tabellenverzeichnis.....	203
11	Anhang.....	205
11.1	Anhang I: Vermittlungsmethoden orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung – Zwei Fallbeispiele.....	206

11.2	Anhang II: Leitfaden-Interview mit RESOLV-Forschern.....	209
11.3	Anhang III: Pre-Interview-Leitfaden	211
11.4	Anhang IV: Post-Interview-Leitfaden.....	213
11.5	Anhang V: Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung.....	215
11.6	Anhang VI: Kommunikationsgraphen	229
11.7	Anhang VII: Ergebnisse der Tests zur Normalverteilung der verhaltensbasierten Daten	246
11.8	Anhang VIII: Ergebnisse der Tests zur Signifikanz von Zusammenhängen im Rahmen der Forschungsfrage 4	253

Abkürzungsverzeichnis

The Academies – National Academies of Science, Engineering and Medicine

DfE – Department for Education

DSI – Doing Scientific Inquiry (Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, s. auch SI)

IBL – Inquiry-based learning (Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, s. S. 6)

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland

NRC – National Research Council

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)

RESOLV – Ruhr Explores SOLVation: RESOLV Cluster of Excellence EXC 1069

RUB – Ruhr-Universität Bochum

SI – Scientific Inquiry (Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, s. S. 5)

USI – Understandings about Scientific Inquiry (Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, s. auch SI)

Kurzzusammenfassung

Sowohl Naturwissenschaftsdidaktik als auch Wissenschaftskommunikation fordern, allen Menschen Gelegenheiten zur Begegnung und Auseinandersetzung mit Prozessen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung auch außerhalb formaler Lernumgebungen zu bieten. Allerdings gibt es hierzu bisher nur sehr wenige Beschreibungen konzeptioneller Ansätze und auch nur wenige empirische Studien – insbesondere im Bereich der Chemie. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Konzeption einer informellen Lernumgebung zu chemischen Inhalten in Form der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ mit der integrierten Experimentierstation „ECce!“ beschrieben. Hier wird naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung explizit, implizit und handlungsorientiert vermittelt. Die Wanderausstellung verknüpft die explizite und implizite Vermittlung mit Forschungsbeispielen aus dem RESOLV *Cluster of Excellence* und Inhalten der Lösungsmittelforschung (*Solvation Science*). An der Experimentierstation können Besucher in Kleingruppen eigene Untersuchungen zum Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ entwickeln und durchführen. Sie werden durch einen Betreuer im Sinne einer Vermittlung orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung unterstützt. So wird eine handlungsorientierte Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung angestrebt. Die Experimentierstation ist außerdem Gegenstand der empirischen Studie. Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, das Lehr-Lern-Verhalten der Probanden an der Experimentierstation mit einem besonderen Fokus auf die Erkenntnisgewinnung mittels eines *Mixed Methods*-Ansatzes zu untersuchen. Dazu wurden Daten von $N = 155$ Probanden in $N = 64$ Gruppen erhoben. In einem Pre-Interview werden die Voraussetzungen der Probanden im Bereich Erkenntnisgewinnung erfasst. Die Kommunikation der Probanden an der Experimentierstation wird audiographiert. In einem Post-Interview wird ein Selbstbericht erfasst. Ausgewertet werden die Daten mittels verschiedener Varianten der qualitativen Inhaltsanalyse.

Die Daten zeigen, dass die Probanden sich umfangreich mit der Experimentierstation und insbesondere mit der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung beschäftigen. Hier zeigen sich Zusammenhänge zwischen den konkreten Untersuchungszielen und den Kommunikationsstrukturen der Besucher über Erkenntnisgewinnung. Darüber hinaus können diverse weitere potentielle Einflussfaktoren auf den Umfang, die Qualität und die Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung identifiziert werden.

Die konzeptionellen und empirischen Methoden der Studie sowie die Ergebnisse leisten einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Vermittlung von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und deren Erforschung auch außerhalb klassischer formaler Lernumgebungen.

Abstract

Science education and science communication aim to provide all people with opportunities to engage with scientific inquiry in free-choice environments. However, only few concepts have been developed and described and only few empirical studies have been conducted in this area so far. This study describes the development and realization of a free-choice environment combining scientific inquiry and chemical subject content in the travelling exhibition “Völlig losgelöst” (“Completely detached”) and the integrated mobile laboratory “ECce!” (Latin: Look!). In the free-choice environment, scientific inquiry is addressed explicitly, implicitly and through experience. The travelling exhibition uses real-life research examples from the RESOLV Cluster of Excellence and Solvation Science content to explicitly and implicitly present scientific inquiry. The mobile lab allows small groups of visitors to engage with and experiment on the phenomenon “vitamin tablet in water”. An instructor supports them in a way that allows for inquiry-based learning.

The mobile lab is also the object of the empirical study. The aim of this study is to describe the learning behaviour of the visitors with a particular emphasis on their engagement with scientific inquiry. The study is designed according to a parallel-convergent mixed methods approach. The sample consists of $N = 155$ participants in $N = 64$ groups. A pre-interview is conducted with every group to assess their understandings about scientific inquiry and their competence in doing scientific inquiry. During their engagement with the mobile lab, all communication is recorded. When the participants finish experimenting, a self-report is obtained in an interview. All data is coded using different techniques of qualitative content analysis. The codings are then further analysed using descriptive and inferential statistics.

The data show the participants’ sustained engagement with the mobile lab. They develop and conduct several experiments and they spend a significant amount of time talking about issues of scientific inquiry. Patterns can be identified for the quality and structure of communication about scientific inquiry regarding specific research aims set by the participants. Furthermore, inferential statistics hint at various variables potentially influencing the scope, the quality and the structure of communication about scientific inquiry in this setting.

The conceptual and empirical methods used in this study as well as the results can contribute to research and development of engaging people with scientific inquiry in free-choice environments.

1 Einleitung

In gewisser Hinsicht haben Naturwissenschaftsbildung und Wissenschaftskommunikation gemeinsame Ziele. Beide wollen die Öffentlichkeit mit und durch Wissenschaft bilden, unterhalten und involvieren. Etwas überraschend – bedenkt man die gemeinsamen Ziele – ist ihre Entwicklung als getrennte akademische Bereiche, die sich gegenseitig wenig beachten. (Baram-Tsabari & Osborne, 2015, S. 135, Übersetzung des Autors)

Das Nebeneinander von Naturwissenschaftsbildung und Wissenschaftskommunikation ist weit weniger überraschend, wenn man die traditionellen Ziele und Orte von Wissenschaftskommunikation und Naturwissenschaftsbildung im Detail betrachtet. Naturwissenschaftliche Bildung will gesichertes Wissen und grundlegende Methoden vermitteln. Sie findet traditionell überwiegend an formalen Orten statt (Schule, Hochschule, Volkshochschule). Wissenschaftskommunikation hingegen will aktuelle Erkenntnisse an die Menschen herantragen. Sie findet eher an non-formalen und informellen Orten statt (Fernsehen, Internet, Museen, etc.). Diese Gegensätze werden aber zunehmend aufgelöst. Naturwissenschaftliche Bildung legt verstärkt Wert auf Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung von naturwissenschaftlichem Wissen (KMK, 2005a). Ferner findet naturwissenschaftliche Bildung zunehmend auch an Orten jenseits von Schulen und Universitäten (z.B. Museen) statt.

In dieser Arbeit wird die Konzeption, Durchführung und empirische Erforschung der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ mit der integrierten Experimentierstation „ECce!“ beschrieben. Dazu werden inhaltliche und methodische Vernetzungen zwischen Chemiedidaktik, Wissenschaftskommunikation und Didaktik informeller Lernorte hergestellt. Inhaltlich werden Prozesse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verbunden mit fachwissenschaftlichen Inhalten aus *Solvation Science* dargestellt (Feresin & Havenith, 2017; RESOLV, 2017). Es werden konzeptionelle Prinzipien aus der formalen Chemiedidaktik, insbesondere die didaktische Rekonstruktion und Vermittlungsmethoden orientiert an der Erkenntnisgewinnung, und Prinzipien des informellen Lernens kombiniert (Falk & Dierking, 2000; Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1997; Koenen, Emden, & Sumfleth, 2017; Pedaste et al., 2015). Die empirischen Forschungsmethoden sind angepasst an die informelle Lernumgebung, betrachten aber mit der Erkenntnisgewinnung ein Inhaltsfeld, das in den vergangenen Jahren zunehmend wichtig in der formalen naturwissenschaftlichen Grundbildung ist (Abd-El-Khalick et al., 2004; OECD, 2013; KMK, 2011). Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, wie die Vermittlung von Prozessen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an und über chemische Inhalte in und mit der Öffentlichkeit erreicht werden kann.

2 Stand der Forschung

2.1 Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Lehr-Lern-Kontext

2.1.1 Begriffsklärungen

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung ist ein wichtiges Thema in den Diskursen über naturwissenschaftliche Grundbildung und über Schulunterricht (OECD, 2013; Roberts & Bybee, 2014; Wellnitz, Fischer, Kauertz, Neumann, & Pant, 2012). Diese Diskurse werden sowohl in der englischsprachigen als auch in der deutschsprachigen Literatur geführt. Dabei ist auffallend, dass es von Seiten der englischsprachigen Autoren¹ weder Bezüge zur deutschsprachigen Literatur noch zu von deutschen Autoren verfassten englischsprachigen Publikationen gibt. In umgekehrter Richtung gibt es diese Bezüge, ohne dass jedoch der englischsprachige Diskurs vollständig in die deutsche Debatte aufgenommen wird (s. S. 13). Eine Problematik wird jedoch in beiden Sprachräumen thematisiert – nämlich, dass Begriffe verbunden mit Erkenntnisgewinnung oft unklar verwendet werden (Anderson, 2002, S. 3; Crawford, 2014, S. 516; Ropohl, Rönnebeck, & Scheuermann, 2015, S. 5). Die Liste der zum Teil unklar verwendeten Begriffe umfasst dabei: naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, naturwissenschaftliche Methoden der Erkenntnisgewinnung, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, forschendes Lernen, entdeckendes Lernen, problemorientiertes Lernen; und die englischen teilweise entsprechenden, teilweise leicht anders verwendeten Begriffe *scientific inquiry*, *science practices*, *nature of scientific inquiry*, *understandings about scientific inquiry*, *inquiry(-based) learning*, *inquiry teaching*, *discovery learning*, *problem-based learning*. In der englischsprachigen Literatur erfolgt in Bezug auf die National Science Education Standards von 1996 häufig eine Aufteilung in drei Bereiche von *scientific inquiry* (NRC, 1996). Dabei wird unterschieden in a) die Tätigkeiten von Wissenschaftlern, b) die Tätigkeiten von Lernenden, die dabei die Tätigkeiten von Wissenschaftlern nachahmen und c) die Tätigkeiten von Lehrenden, die ihren Unterricht so gestalten, dass er an den Erkenntnisprozess von Wissenschaftlern angelehnt ist (Anderson, 2002, S. 3; Crawford, 2014, S. 516). Dabei ist die Unterscheidung zwischen b) und c) jedoch häufig nur eine Frage der Perspektive. Außerdem wird vernachlässigt, dass Erkenntnisgewinnung auch ein Vermittlungsinhalt und nicht nur eine Vermittlungsmethode darstellen kann. In der vorliegenden Arbeit wird daher eine andere Dreiteilung verwendet, die diese beiden Kritikpunkte berücksichtigt. Die Begriffe für die drei Konzepte werden – soweit möglich – in den folgen-

¹ Im Rahmen dieser Arbeit wird überwiegend das generische Maskulinum verwendet, um einen besseren Lesefluss zu gewährleisten. Dabei sind ausdrücklich immer alle Geschlechter und Gender mitgedacht.

den Abschnitten definiert: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als Tätigkeit von Forschern, Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.

2.1.1.1 Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als Tätigkeit von Forschern

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als Tätigkeit von Forschern ist das Konzept, von dem sich alle Begrifflichkeiten und Konzepte für den Lehr-Lern-Kontext ableiten. Im engeren Sinne umfasst naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung die Tätigkeiten, die Forscherinnen und Forscher durchführen, um neue Erkenntnisse zu erlangen (Aepkers, 2002, S. 73; Crawford, 2014, S. 516). Eine solche explizite Definition von *scientific inquiry* bzw. *scientific practices* findet sich in allen neueren US-amerikanischen Bildungsstandards (Achieve, Inc., 2013, S. 2; NRC, 1996, S. 23, 2000, S. 1, 2012, S. 30). In den deutschen Bildungsstandards hingegen fehlt ein expliziter Hinweis auf Erkenntnisgewinnung als die Tätigkeit von Forschern (KMK, 2005a, 2005b, 2005c). In der deutschen Literatur kommt es darüber hinaus vereinzelt zu einer falschen Verknüpfung von Begriffen. So beschreiben Ropohl, Rönnebeck und Scheuermann (2015) „forschendes Lernen im Sinne von ‚Wissenschaftler führen Untersuchungen mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden durch‘“ (S. 5). Der Begriff „forschendes Lernen“ wird hier irreführender Weise mit der Tätigkeit von Wissenschaftlern in Verbindung gebracht. Die ursprüngliche Quelle verbindet die Tätigkeiten von Forschern mit dem Wort *inquiry* (Minner, Levy, & Century, 2010, S. 476) – für die Wissenschaftler ist dieses jedoch keine Lernmethode, sondern eben eine Methode der Erkenntnisgewinnung.

Die geistigen und physischen Tätigkeiten, die Forscher im Rahmen der Erkenntnisgewinnung durchführen, können näher beschrieben werden als naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. Zu den naturwissenschaftlichen Denkweisen gehören beispielsweise Fragestellungen/ Ideen entwickeln, Forschungsstand feststellen, Probleme definieren, Forschungsplan entwickeln, Methoden wählen, Untersuchungen auswerten (Aepkers, 2002; Capps & Crawford, 2013). Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen sind von essentieller Wichtigkeit bei der tatsächlichen Durchführung von Untersuchungen. So nutzen Naturwissenschaftler im Rahmen von Untersuchungen eine Reihe von Fachmethoden (von der Chromatographie bis zur Computersimulation) zur Generierung von Daten – die fachspezifischen Arbeitsweisen (Sommer, 2007). Diese Fachmethoden sind eingebettet in einige grundsätzliche naturwissenschaftliche Herangehensweisen; die Beobachtung/ Messung als Erfassen einer Systemeigenschaft zum Zwecke der Deskription, die Beobachtung/ Messung als Erfassen mehrerer Systemeigenschaften zum Zwecke der Korrelation, das Experimentieren als zielgerichtetes,

systematischen Eingriff in ein System zum Zwecke der Identifizierung kausaler Zusammenhänge (Wellnitz & Mayer, 2012; Woodward, 2003).

Vor diesem Hintergrund wird für die vorliegende Arbeit wie folgt definiert: **Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung** ist der Prozess der Kombination von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, durch den Forscherinnen und Forscher zu neuen Erkenntnissen über die stoffliche Welt gelangen.

2.1.1.2 Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Die Vermittlung von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung wird sowohl im Rahmen der naturwissenschaftlichen Grundbildung – und damit für alle Menschen – als auch insbesondere in der schulischen Bildung gefordert (Achieve, Inc., 2013; DfE, 2013, 2014; NRC, 1996, 2012; OECD, 2013; KMK, 2005a, 2005b, 2005c). Diese Inhalte werden in den deutschen Standards und in der deutschsprachigen Debatte vornehmlich auf die Vermittlung der Fähigkeiten zur Durchführung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung beschränkt. Es geht also darum, Schüler in die Lage zu versetzen, selbst Fragen zu stellen, Hypothesen zu formulieren, Untersuchungen zu planen, durchzuführen und auszuwerten (u.a. KMK, 2005a, 2005b, 2005c, Wellnitz et al., 2016, 2012). Insbesondere im US-amerikanisch geprägten Teil des englischsprachigen Diskurses werden die Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung beschrieben als die Fähigkeiten zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (*doing scientific inquiry*) und das Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung (*understandings about scientific inquiry, nature of scientific inquiry*) (u.a. Lederman et al., 2014; NRC, 1996; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003). Die Vermittlung von Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung wird als notwendige Grundlage für die Reflexion über das eigene Vorgehen bei der Erkenntnisgewinnung betrachtet (Lederman et al., 2014; Lederman, 2006; Neumann, 2011). Diese umfassendere Beschreibung der Vermittlungsinhalte scheint mit Blick auf den Anspruch einer naturwissenschaftlichen Grundbildung angebracht (Hammann, 2004; Roberts & Bybee, 2014). Die Vermittlungsinhalte lassen sich in Form eines idealisierten Forschungszyklus darstellen, der die wechselseitige Abhängigkeit der Inhalte im Forschungsprozess versinnbildlicht (s. Abb. 1). Eine differenzierte Beschreibung der Vermittlungsinhalte findet sich unter 2.1.2.

In der vorliegenden Arbeit wird Folgendes definiert: **Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung** sind die für Lernende didaktisch rekonstruierten und reduzierten Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und das Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung; in dieser Arbeit auch immer wieder abgekürzt als SI-Vermittlungsinhalte (*scientific inquiry*).

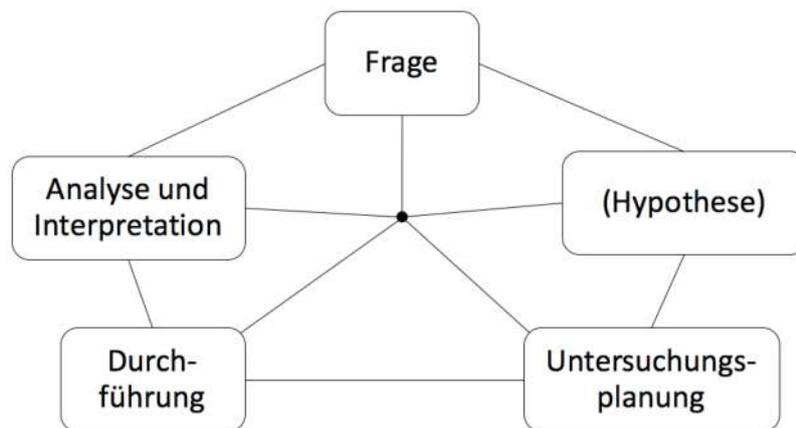


Abb. 1: Idealisierter Forschungszyklus (adaptiert nach Abels & Lembens (2015))

2.1.1.3 Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung
Im Lehr-Lern-Kontext ist die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung nicht nur Vermittlungsinhalt, sie wurde und wird auch als Strukturierung für Vermittlungssituationen – insbesondere für formellen Schulunterricht – beschrieben und genutzt. Ganz allgemein gesprochen werden „für den Unterrichtsgang [...] die Denkschritte [der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung] zu Lernschritten, die sich zu mehr oder minder abgrenzbaren Lernstufen zusammenfassen lassen“ (Pfeifer, Häusler, & Lutz, 2002, S. 201). Der Unterrichtsgang folgt also einer idealisierten Abfolge aus Fragestellung, Hypothese, Untersuchungsplanung, Untersuchungsdurchführung und Auswertung. Im deutschsprachigen Diskurs wurden und werden hierfür unterschiedliche Begriffe verwendet. Der Unterricht wird als forschend, entdeckend, problemlösend, problemorientiert und/ oder experimentell bezeichnet (u.a. Barthel, 1972; Fries & Rosenberger, 1973; Pfeifer et al., 2002, S. 202; Ropohl et al., 2015; Schmidkunz & Lindemann, 1992; Soostmeyer, 1978). Im englischen Diskurs werden für einen solchen Unterricht die Begriffe *inquiry*, *inquiry-based*, *discovery* und/ oder *problem-based* verwendet. Sowohl im Englischen als auch im Deutschen wird dies teilweise aus Schülerperspektive als „Lernen“ oder aus Lehrerperspektive als „Lehren“ bzw. im Deutschen auch unpersönlich als „Unterricht“ beschrieben (Anderson, 2002; Crawford, 2014; Martius, Delvenne, & Schlüter, 2016; NRC, 1996, 2000; Ropohl et al., 2015). Diverse Autoren haben solche Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in mehr oder weniger ausdifferenzierter Weise beschrieben (s. 2.1.4). Ferner ist es wichtig zu beachten, dass die Vermittlungsmethode nicht selbstverständlich die Vermittlungsziele und -inhalte festlegt. Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung werden sowohl zur Vermittlung von Fachwissen als auch zur Vermittlung von Wissen und Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung eingesetzt (Ropohl et al., 2015). Eine Vermittlung von Wis-

sen und Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung erfolgt jedoch nicht automatisch durch den Einsatz einer solchen Vermittlungsmethode (Crawford, 2014).

In dieser Arbeit wird nun folgendermaßen definiert: **Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung** sind solche Unterrichtsmethoden, in denen sich die zeitliche Abfolge des Unterrichtsgangs an der Abfolge eines idealisierten naturwissenschaftlichen Weges der Erkenntnisgewinnung orientiert; in dieser Arbeit auch immer wieder abgekürzt als IBL-Vermittlungsmethoden (*inquiry-based learning*).

2.1.2 Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Wie bereits beschrieben (vgl. S. 5) wird die Gesamtheit der Fähigkeiten und des Wissens zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Bestandteil der naturwissenschaftlichen Grundbildung angesehen und soll daher auch vermittelt werden. In diesem Abschnitt wird für ausgewählte, in dieser Arbeit betrachtete Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung (Frage, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation von Daten), genauer beschrieben, wie diese Teilbereiche für Vermittlungssituationen operationalisiert werden (für eine Beschreibung anderer Teilbereiche s. Rönnebeck et al., 2016). Ausgehend von der Komplexität der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung von Forschern werden diese Teilbereiche in didaktisch rekonstruierter und abgestufter Form vermittelt und erlernt. Eine Diskussion über die Anordnung dieser Vermittlungsinhalte in Form von Lernprogressionen bzw. Bewertungssystemen findet sich auch unter 5.2.4.

2.1.2.1 SI-Vermittlungsinhalt: Fragen

Das Wissen über naturwissenschaftliche Fragen umfasst verschiedene Facetten. Eine Frage ist wichtiger Ausgangspunkt einer Untersuchung, unter Umständen muss aus einer Anzahl an Fragen eine Auswahl getroffen werden, im Verlaufe eines Forschungsprojekts wird zyklisch zur Frage zurückgekehrt (Lederman et al., 2014; NRC, 2000, 2012; Osborne et al., 2003). Die wichtigste Funktion einer Frage besteht in ihrer Leitfunktion. Sie ist Ausgangspunkt für eventuell zu formulierende Hypothesen, leitet die Untersuchungsplanung und die Auswahl der Fachmethoden und stellt einen Referenzpunkt für die Datenanalyse dar (Lederman et al., 2014; NRC, 2000, 2012). Darüber hinaus geht es im Bereich des Wissens auch um die Eigenschaften naturwissenschaftlicher Fragen. Grundsätzlich wird eine naturwissenschaftliche Frage verstanden als eine Frage, die a) auf einen naturwissenschaftlichen Sachverhalt abzielt, b) grundsätzlich empirisch untersuchbar ist, c) nachvollziehbar abgeleitet wurde (z.B. aus einer Beobachtung, Theorien) und d) prinzipiell zu einem vertieften Verständnis für den Fragenden führen kann (z.B. Ebenezer, Kaya, & Ebenezer, 2011; Kuo, Wu, Jen, & Hsu, 2015;

Rönnebeck et al., 2016; Wellnitz et al., 2012). Zum Teil werden grundsätzlich empirisch untersuchbare Fragen weiter systematisiert in solche, die auf wiederholbare Beobachtungen abzielen (z.B. Welchen pH-Wert hat diese Lösung?), und solche, die auf einen kausalen Zusammenhang abzielen (z.B. Welche Substanz muss zugegeben werden, um den pH-Wert der Lösung zu verändern?).

Im Bereich naturwissenschaftlicher Fragestellungen werden grundsätzlich zwei inhaltliche Kompetenzen gefordert: Lernende sollen naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen und eigene Fragestellungen formulieren (Hofstein, Navon, Kipnis, & Mamlok-Naaman, 2005; NRC, 2000; Rönnebeck et al., 2016; KMK, 2005b; Wellnitz et al., 2012). Dabei sollen die Schüler implizit auf die oben genannten Eigenschaften einer naturwissenschaftlichen Frage zurückgreifen (Wellnitz et al., 2012).

2.1.2.2 SI-Vermittlungsinhalt: Untersuchungsplanung

Unter Untersuchungsplanung wird die Festlegung von Variablen, die Auswahl von Fachmethoden und die Festlegung weiterer Parameter verstanden. Die tatsächliche Umsetzung der Untersuchungsplanung ist dann die Durchführung. Das Wissen über naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung lässt sich ebenfalls in verschiedene Bereiche unterteilen. Es wird gefordert, zu vermitteln, dass die Untersuchungsplanung sich an der ursprünglichen Frage oder Hypothese orientieren sollte (Lederman et al., 2014). Lernende sollten auch wissen, dass die Wahl des Untersuchungsansatzes und der -methode die produzierten Daten und damit die Ergebnisse beeinflusst (Lederman et al., 2014).

Dabei ist wichtig zu beachten, dass unterschiedliche Untersuchungsansätze und -methoden zur Beantwortung derselben Frage oder Hypothese genutzt werden können (Lederman et al., 2014). Weiterhin sollten Lernende wissen, dass Unterschiede zwischen grundsätzlichen Untersuchungsansätzen (Deskription, Korrelation, Kausalität) und den damit einhergehenden Variablen bestehen (Wellnitz et al., 2012; Wellnitz & Mayer, 2012). In einem deskriptiven oder korrelativen Untersuchungsansatz sollen geeignete zu beobachtende/ messende Variablen ausgewählt werden. In einer experimentellen Untersuchung sollen unabhängige und abhängige Variable korrekt ausgewählt werden. Darüber hinaus sollten Lernende wissen, dass naturwissenschaftliche Untersuchungen eine Vielzahl von Eigenschaften besitzen sollten: u.a. Dauer, Genauigkeit, Stichprobenumfang, Wiederholungen, konstante Bedingungen, Variablenkontrolle, Blindproben, Kontrollen und Reproduzierbarkeit (Chinn & Malhotra, 2002; Ebenezer et al., 2011; Wellnitz et al., 2016, 2012).

Für die Untersuchungsplanung wird eine ganze Reihe von Kompetenzen angestrebt. Hier geht es erstens darum, ein grundsätzlich geeigneten Untersuchungsansatz auszuwählen und die

zugehörigen Variablen zu bestimmen (u.a. Chinn & Malhotra, 2002; DfE, 2013, 2014; NRC, 2000, 2012; KMK, 2005a, 2005b, 2005c; Wellnitz et al., 2016). In allen Varianten (Deskription, Korrelation, Kausalität) kann es notwendig sein, eine latente Variable durch geeignete Messvariablen zu ersetzen, die dann ebenfalls bestimmt werden müssen (Chinn & Malhotra, 2002). Weiterhin sollen geeignete Fachmethoden für die Untersuchung ausgewählt werden (Sommer, 2007). Damit geht prinzipiell die Forderung nach einer fachmethodischen Kompetenz einher. Schließlich sollen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um die grundsätzliche Qualität einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu gewährleisten. Diese Maßnahmen beinhalten die Definition der Eigenschaften im Hinblick auf z.B. Dauer, Wiederholungen, Kontrollen (Chinn & Malhotra, 2002; Ebenezer et al., 2011; Wellnitz et al., 2016, 2012).

2.1.2.3 SI-Vermittlungsinhalt: Analyse & Interpretation von Daten

Lernende sollen über Analyse & Interpretation von Daten wissen, dass ein Ergebnis eine relevante Auswahl aus den Daten darstellt. Sie sollen auch wissen, dass eine Beziehung zwischen den Ergebnissen und der ursprünglichen Frage/ Hypothese hergestellt werden muss. Darüber hinaus soll bekannt sein, dass der Analyseprozess interpretative Schritte enthält und es daher legitim sein kann, wenn Forscher auf derselben Datengrundlage zu unterschiedlichen Interpretationen gelangen (Lederman et al., 2014). Ferner soll vermittelt werden, dass die Schlussfolgerungen aus einer Untersuchung häufig neue Fragen aufwerfen und daher zu weiteren Untersuchungszyklen führen (Osborne et al., 2003). Sie sollen auch ein Wissen über die Eigenschaften naturwissenschaftlicher Analysen und Interpretationen besitzen. Zu diesen Eigenschaften zählen zum Beispiel Generalisierbarkeit, Reichweite und Sicherheit von Schlussfolgerungen (Chinn & Malhotra, 2002; NRC, 2000, 2012; Wellnitz et al., 2012).

Die im Bereich der Analyse & Interpretation von Daten geforderten Kompetenzen sind ebenfalls vielfältig. So sollen Lernende befähigt werden, relevante Daten zu identifizieren und auszuwählen und in verbaler oder graphischer Form darzustellen (u.a. NRC, 2012; KMK, 2005a, 2005b, 2005c; Wellnitz et al., 2012). Aus diesen Ergebnissen sollen sie dann unter Rückgriff auf die ursprüngliche Frage oder Hypothese Schlussfolgerungen ziehen (Ebenezer et al., 2011; Kuo et al., 2015; Wellnitz et al., 2012). Im Rahmen dieses interpretativen Vorgangs sollen nach Möglichkeit verschiedene weitere Aspekte (Evaluation der Methode, bekanntes Wissen, andere Untersuchungen, alternative Interpretationen) einbezogen und Aussagen über Generalisierbarkeit, Reichweite und Sicherheit gemacht werden (Chinn & Malhotra, 2002; NRC, 2000, 2012; Wellnitz et al., 2012).

Der Umfang der SI-Vermittlungsinhalte bezogen auf diese drei Teilbereiche der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Fragen, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation) macht deutlich, dass Erlernen des geforderten Wissens und der Kompetenzen nicht ohne weiteres erfolgen wird. Daher wird im folgenden Abschnitt auf empirische Erkenntnisse zur Vermittlung der drei Teilbereiche Fragen, Untersuchungsplanung sowie Analyse & Interpretation und der damit verbundenen Inhalte eingegangen.

2.1.3 Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung: Empirische Befunde

Für die Vermittlung von SI-Inhalten werden in der Literatur einige übergreifende Prinzipien beschrieben. Diese werden an dieser Stelle zuerst dargestellt. Dabei wird sowohl auf die Vermittlung von Wissen als auch von Kompetenzen eingegangen. Darüber hinaus gibt es aber auch Besonderheiten in der Vermittlung von Inhalten zu den einzelnen Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung. Diese werden im Anschluss für die in dieser Arbeit betrachteten Teilbereiche (Fragen, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation) dargestellt. Bei der Betrachtung einzelner Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung wird überwiegend auf Erkenntnisse zur Vermittlung von Kompetenz im Bereich Erkenntnisgewinnung eingegangen, da für die Vermittlung von Wissen im Bereich Erkenntnisgewinnung bisher nur zwei Studien über Lernende aus den USA und Südafrika vorliegen (Gaigher, Lederman, & Lederman, 2014; Lederman et al., 2014).

Für die Vermittlung von Inhalten der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung im Allgemeinen wird in einer Metaanalyse wiederholtes Einüben der Kompetenzen als gängiger Weg beschrieben (Rönnebeck et al., 2016, S. 187). Rönnebeck et al. (2016) weisen darüber hinaus daraufhin, dass einige Studien besonderen Erfolg bei der Kompetenzvermittlung durch die explizite Thematisierung der verschiedenen Erkenntnisgewinnungsaktivitäten im Unterricht feststellen. Diese explizite Thematisierung fordern Lederman et al. (2014) auch für die Vermittlung von Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung. Sie stellen bei einem solchen Ansatz Wissenszuwachs in allen Bereichen des Wissens über Erkenntnisgewinnung fest. So naheliegend eine solche explizite Thematisierung aus theoretischer und empirischer Sicht scheint, so wenig kommt sie bisher scheinbar im deutschen Chemieunterricht von Lehrern praktiziert oder wird durch deutsche Chemieschulbücher unterstützt (Strippel & Sommer, 2015; Strippel, Tomala, & Sommer, 2016).

Werden die Aspekte der Erkenntnisgewinnung im Detail betrachtet, so zeichnet sich für die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Fragen ein recht einheitliches Bild in der Literatur. Die Kompetenzen von Schülern, empirisch untersuchbare Fragen zu stellen, entwickeln sich

ohne eine gezielte Vermittlung kaum weiter (Chin & Osborne, 2008, S. 16–17; Grube, 2010, S. 90; Hofstein et al., 2005, S. 797). In der Studie von Hofstein et al. (2005) gelingt eine Verbesserung der Fragenkompetenz in der Experimentalgruppe durch den wiederholten Einsatz von an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung orientierten Unterrichtseinheiten über zwei Jahre hinweg. Chin und Osborne (2008) stellen ebenfalls einen solchen Trainingseffekt fest. Darüber hinaus werden hier auch positive Effekte festgestellt, wenn die Lehrperson explizit erklärt, welche Eigenschaften empirisch untersuchbare Fragen besitzen sollten, wenn sie das Stellen solcher Fragen modelliert und mit den Schülern Beispiele für (nicht) untersuchbare Fragen diskutiert (Chin & Kayalvizhi, 2002; Chin & Osborne, 2008b).

Bei der Vermittlung von Kompetenz zur Planung und Durchführung bereiten diverse Aspekte den Lernenden Schwierigkeiten. Dabei handelt es sich um Probleme bei der Identifizierung geeigneter Variablen, der Beachtung konstanter Bedingungen, der Nutzung von Kontrollen, der Beachtung von Messdauer, Messzeitpunkten und -wiederholungen sowie bei der Berücksichtigung des Stichprobenumfangs – also in weitestgehend allen oben beschriebenen Aspekten das Untersuchungsplanung betreffend (Arnold et al., 2014; Grube, 2010; Hammann, Phan, & Bayrhuber, 2007; Wellnitz et al., 2016). Nicht untersucht und beschrieben sind Probleme bei der Auswahl geeigneter Fachmethoden zur Umsetzung einer Untersuchung. Diese werden in den beschriebenen Studien vorgegeben. In der Literatur werden auch diverse Unterstützungsmechanismen bei der Untersuchungsplanung beschrieben, insbesondere durch *Scaffolding*², *Prompting*³ und Visualisierungshilfen (Arnold, Kremer, & Mayer, 2016; Marschner, Thillmann, Wirth, & Leutner, 2012; Rönnebeck et al., 2016; Toth, Suthers, & Lesgold, 2002). Insbesondere die Prompts zielen darauf ab, die Schüler zu einer stärkeren Reflexion über ihr Handeln anzuregen (Marschner et al., 2012; Thillmann, Künsting, Wirth, & Leutner, 2009). Hier wird hervorgehoben, dass es wünschenswert sei, dass *Scaffolding* und *Prompting* möglichst auf die individuellen Schwierigkeiten der Lernenden abgestimmt werden. Praktisch sind diese Maßnahmen in einem formalen Lernumfeld allerdings nur schwierig umzusetzen. Die Lehrkraft hat schlichtweg nur begrenzte Zeit für alle Gruppen zur Verfügung (Arnold et al., 2016; Marschner et al., 2012). Auch für quantitative empirische Untersuchungen stellt ein individuelles *Scaffolding* ein Problem dar, da das *Treatment* dann nicht mehr als gleich ange-

² Der Begriff *Scaffold* bedeutet wörtlich „Baugerüst“. Beim *Scaffolding* geht es darum, den Lernenden ausreichende Hilfestellungen zur Verfügung zu stellen, damit ein Produkt erstellt werden kann. Die Hilfestellungen werden mit dem Ausbau der Kompetenzen auf Seiten der Lernenden sukzessive abgebaut (Seidel & Reiss, 2014, S. 261).

³ *Prompting* ist das Geben von Anregungen in Form von Fragen oder Tipps. *Prompting* kann während des Lernens Wissen, Fertigkeiten oder Strategien aktivieren, über die Lerner zwar verfügen, die sie aber spontan nicht nutzen (Marschner et al., 2012, S. 79).

sehen werden kann. Beide Punkte haben Implikationen für die später beschriebenen konzeptionellen und empirischen Arbeiten.

Auch für die Vermittlung von Analyse & Interpretation von Daten werden Schwierigkeiten und Unterstützungsmechanismen beschrieben. Lernende tendieren dazu, die Daten losgelöst von ihrer ursprünglichen Fragestellung oder Hypothese zu interpretieren. Hier erweist es sich als hilfreich, genau diesen Rückbezug durch Hinweise auf Beachtung der Fragestellung oder Hypothese herzustellen (Toth et al., 2002). Allerdings tendieren Lernende auch bei Beachtung der Fragestellung oder Hypothese dazu, bestätigende Ergebnisse auszuwählen bzw. unerwartete/ widersprüchliche Befunde zu ignorieren, umzudeuten oder ihnen die Validität abzuspreechen (Chinn & Brewer, 1998). Auch hier hilft eine Strukturierung der Daten in Form von Pro- und Contra-Argumenten zur entsprechenden Frage oder Hypothese den Lernenden, die Interpretation häufiger in der formal gewünschten Art und Weise auszuführen (Toth et al., 2002). Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sind zusammenfassend betrachtet ein komplexes Feld, das inhaltlich gut beschrieben werden kann, dessen Vermittlung jedoch noch nicht umfassend erforscht ist.

2.1.4 Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Die ersten speziell auf den naturwissenschaftlichen Unterricht ausgerichteten Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung wurden sowohl in Deutschland als auch in den USA in den 1960er bzw. frühen 1970er Jahren entwickelt und publiziert (Atkin & Karplus, 1962; Fries & Rosenberger, 1973; Schmidkunz & Lindemann, 1992; Soostmeyer, 1978)⁴. In Deutschland dominiert das zuerst 1976 beschriebene forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren nach Schmidkunz und Lindemann (1992) den Diskurs um an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung orientierten Vermittlungsmethoden. In den USA ist das BSCS 5E Modell (*Biological Science Curriculum Study*) etabliert (Bybee et al., 2006). Daneben existiert eine Vielzahl weiterer Vorschläge zur Umsetzung eines an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung orientierten Unterrichtsgangs. Das essentielle Merkmal aller Konzeptionen in diesem Bereich ist die chronologische Strukturierung des Unterrichtsgangs an der Abfolge eines idealisierten naturwissenschaftlichen Weges der Erkenntnisgewinnung (Koenen et al., 2017; Martius et al., 2016; Pedaste et al., 2015). Diese Abfolge wird auch Phasierung genannt. Darüber hinaus gibt es weitere Merkmale, deren Einbindung in den Unterrichtsgang in verschiedenen Konzeptionen in unterschiedlicher Ausprägung berücksich-

⁴ Auch wenn die Beschreibung dieser Methoden und Verfahren auf ihnen aufbauen, werden frühere Arbeiten (z.B. Dewey, 1933) hier nicht betrachtet. Diese Arbeiten sind in späteren Beschreibungen umfassend aufgenommen.

tigt werden: Offenheit, Fachwissen, Fachmethoden, Kooperation, Kommunikation und Reflexion (Martius et al., 2016; Pedaste et al., 2015). Zur besseren Verständlichkeit der Vermittlungsmethode finden sich zwei aufgearbeitete Fallbeispiele in „Anhang I: Vermittlungsmethoden orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung – Zwei Fallbeispiele“.

2.1.4.1 Phasierung

Unter Phasierung wird die chronologische Abfolge des Unterrichts mittels Vermittlungsmethoden orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verstanden. Zwei deutsche Autorentams und ein internationales Autorenteam stellen aktuelle Synopsen der Phasierungen in deutschen sowie internationalen Publikationen dar:

- Emden und Sumfleth (2012) bzw. Koenen et al. (2017)⁵: 11 bzw. 12 Publikationen,
- Martius, Delvenne und Schlüter (2016): 16 Publikationen,
- Pedaste et al. (2015): 32 Publikationen.

Die von den drei Autorentams untersuchten Stichproben unterscheiden sich substantiell. Die Stichprobe von Pedaste et al. (2015) enthält ausschließlich englischsprachige Publikationen, jene von Koenen et al. (2017) und Martius, Delvenne und Schlüter (2016) enthalten sowohl deutsch- als auch englischsprachige Publikationen. Allerdings werden auch hier nur die Konzeptionen von Schmidkunz und Lindemann (1976) und Mayer (2007) in beiden Analysen betrachtet. Im Vergleich der englischsprachigen Publikationen aller drei Analysen gibt es überhaupt keine Überschneidung. Daraus ergeben sich zwei Konsequenzen: Einerseits entsteht durch die Synopse der drei Meta-Analysen ein Überblick über 58 Publikationen. Andererseits liegen unterschiedliche Analyseergebnisse eventuell bereits in der Stichprobenwahl begründet. Gleichzeitig kann an diesen Publikationen überprüft werden, ob trotz der unterschiedlichen Begrifflichkeiten in den Diskursen (s. 2.1.1) inhaltlich vergleichbare Ansätze gewählt werden.

Die in den drei Meta-Analysen vorgenommenen Phasierungen können wie folgt schematisch dargestellt werden:

⁵ Koenen, Emden & Sumfleth (2017) übernehmen die Analyse von Emden & Sumfleth (2012) und haben diese nur um einen Autor (Peter, 2014) ergänzt und in einem Fall eine Publikation durch eine aktuellere ersetzt (Schreiber (2012) anstelle von Schreiber, Theyßen & Schecker (2009)).

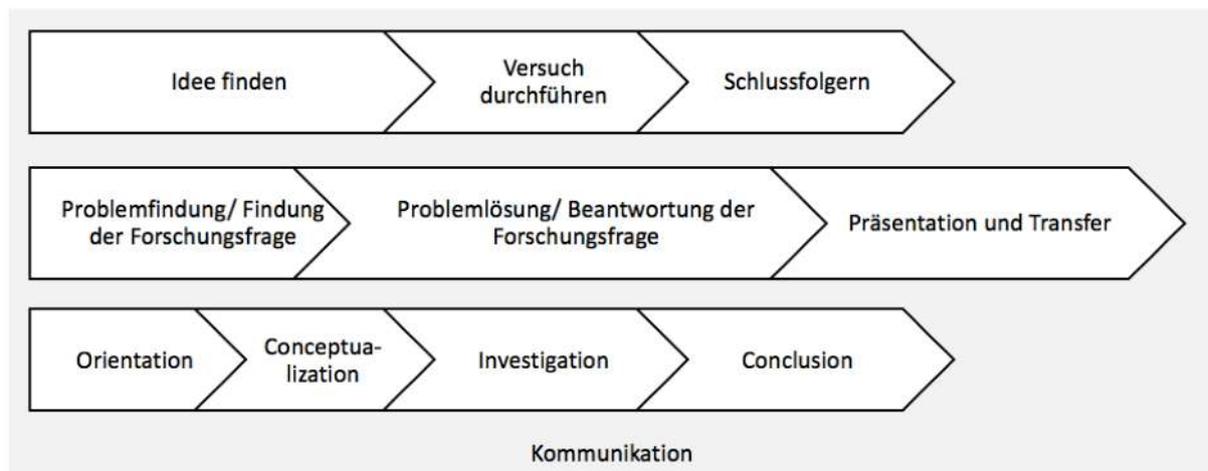


Abb. 2: Einteilung der Phasen nach Koenen et al. (2017), oben, Martius et al. (2016), Mitte, und Pedaste et al. (2015), unten.

Die in den drei Meta-Analysen identifizierten Phasen der einzelnen Konzeptionen sowie die Phasierungen in zwei zusätzlichen historischen Publikationen (Atkin & Karplus, 1962; Barthel, 1972) besitzen eine große inhaltliche und zum Teil auch begriffliche Überschneidung im Hinblick auf die Einteilung der Phasen. Zu Beginn stehen Phasen der Problemfindung, Fragestellung und Hypothesengenerierung. Zentral stehen in allen Fällen Phasen der Untersuchungsplanung und der Durchführung. Abschließend stehen Phasen der Analyse, Interpretation und Theoriebildung. In einigen Fällen schließen sich weitere Phasen im Unterrichtsgang an, die auf Diskussion, Präsentation, Transfer und/ oder Wiederholung abzielen (z.B. Bybee et al., 2006; Fries & Rosenberger, 1973; Schmidkunz & Lindemann, 1976; Soostmeyer, 1978).

In allen drei Meta-Analysen werden zusammenfassende Phasierungen vorgenommen (Abb. 2). Die Einteilungen von Koenen et al. (2017) und Pedaste et al. (2015) sind sich sehr ähnlich. Beide beginnen mit einer präexperimentellen Phase. Diese ist bei Pedaste et al. (2015) in Orientierung und Konzeption unterteilt, bei Koenen et al. als eine Phase der Ideenfindung beschrieben. In beiden Fällen beinhalten sie die Entwicklung von Fragen, ggf. Hypothesen und die Untersuchungsplanung. Es schließt sich die Phase der Durchführung an und schließt mit einer Phase des Schlussfolgerns. Pedaste et al. (2015) stellen zusätzlich die Begriffe Kommunikation und Reflexion parallel zu allen Phasen. Martius et al. (2016) nehmen eine andere Einteilung vor. Ihre erste Phase „Problemfindung/ Findung der Forschungsfrage“ beinhaltet nur die Fragestellung. Die zweite Phase „Problemlösung/ Beantwortung der Forschungsfrage“ beinhaltet dann alles von der Formulierung möglicher Hypothesen über die Untersuchungsplanung, Durchführung bis zu Analyse und Interpretation. Sie schließen eine darüberhinausgehende dritte Phase von „Präsentation und Transfer“ an. Diese Einteilung schafft ein disproportionaleres Verhältnis zwischen den Phasen, da die Phase „Problemlösung/ Beantwor-

„Präsentation und Transfer“ verschiedene Vorgänge von der Hypothesenbildung über die Untersuchungsplanung und -durchführung bis zur Analyse der Daten umfasst. Außerdem sind „Präsentation und Transfer“ nicht Bestandteile der Erkenntnisgewinnung im engeren Sinne. In der vorliegenden Arbeit werden vier Phasen genutzt, die inhaltlich und begrifflich an Koenen et al. (2017) und Pedaste (2015) angelehnt sind (Abb. 3).

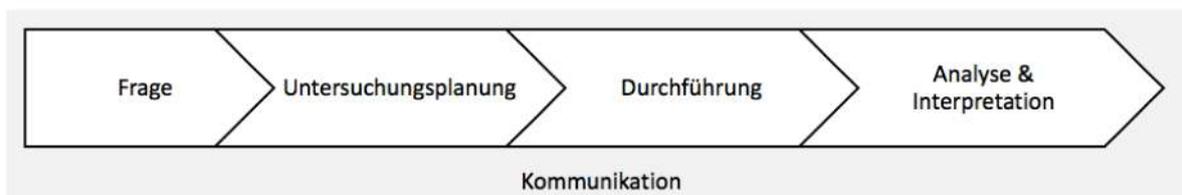


Abb. 3: Phasierung in der vorliegenden Arbeit

2.1.4.2 Offenheit

Während die Phasierung vor allem die zeitliche Strukturierung des Unterrichtsgangs betrifft, wird mit der Offenheit näher auf das Verhältnis von Lehrern und Lernenden eingegangen. Prinzipiell geht es um die Frage, wem in welcher Phase (s. oben) des Unterrichtsgangs welches Maß an Verantwortung und Entscheidungsbefugnis zukommt. Hier wird allgemein postuliert, dass ein Kontinuum existiert, an dessen Enden entweder alle Entscheidungen beim Lehrer oder bei den Lernenden liegen können. Grundsätzlich gibt es hier verschiedene Varianten der Einteilung. Manche Autoren unterscheiden mit festen Begriffen nach Bestätigungsuntersuchung, strukturierter Untersuchung, begleiteter Untersuchung und offener Untersuchung (vgl. Abels & Lembens, 2015; Avsec & Kocijancic, 2016; Banchi & Bell, 2008; Blanchard et al., 2010; Hodson, 2017; Mayer & Ziemek, 2006). Hier wird in direktem oder indirektem Rückgriff auf Schwab (1962) davon ausgegangen, dass in der Bestätigungsuntersuchung sämtliche Phasen von der Lehrperson geleitet sind und vom Lernenden nur ausgeführt werden. In der strukturierten Untersuchung sind präexperimentelle und experimentelle Phase vorgegeben, aber die Lernenden können selbst analysieren und interpretieren. In der geleiteten Untersuchung ist die Problemstellung bzw. Frage gegeben, die Lernenden entscheiden aber über die Art der Untersuchung und die Analyse & Interpretation. In der offenen Untersuchung entscheiden die Lernenden über alle drei Phasen der Untersuchung. Diese scheinbar eindeutige Belegung von Begriffen lässt jedoch außer Acht, dass Strukturierung und Anleitung auch anders über den Vermittlungsprozess verteilt werden können und dass diese Begriffe auch unterschiedlich verwendet werden (Minner et al., 2010). Andere Autoren wählen keine solche Klassifikation, sondern gehen davon aus, dass prinzipiell jede Phase der Untersuchung stärker schüler- oder lehrerorientiert sein kann (z.B. Bevins & Price, 2016; Capps & Crawford, 2013; NRC, 2000). Innerhalb eines Schrittes wird dann abgestuft, z.B.

Lernende bekommen die Frage vom Lehrer vorgegeben, Lernende wählen aus gegebenen Fragestellungen aus, Lernende werden unterstützt, ihre eigenen Fragen zu stellen, Lernende stellen frei eigene Fragen. Auch in diesen Fällen wird jedoch oft darauf hingewiesen, dass eine „Öffnung vom Ende her“, also zunächst Analyse & Interpretation durch Lernende, später eigene Untersuchungen und schließlich auch eigene Fragestellungen, konzeptionell sinnvoll ist. Dieses Vorgehen wird auch durch empirische Erkenntnisse gestützt (vgl. 2.1.5 und 2.1.3). Die vorliegende Arbeit stützt sich auf die zweite Ansicht, dass unterschiedliche Öffnung prinzipiell in allen Phasen ermöglicht werden kann und der Grad der Öffnung nicht normativ sondern an empirischen Erkenntnissen orientiert erfolgen sollte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Offenheit der Phasen oder einzelner Schritte in an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung orientierten Konzeptionen ein weiteres zentrales Merkmal dieser Konzeptionen ist. Über die Offenheit wird das Verhältnis von Lehrperson und Lernenden beschrieben.

2.1.4.3 Fachwissen

Die hier beschriebenen Unterrichtskonzeptionen orientieren sich an der Erkenntnisgewinnung. Dennoch spielt auch das Fachwissen eine entscheidende Rolle. Das Fachwissen der Lernenden spielt eine wichtige Rolle, um an Erkenntnisgewinnung orientierte Unterrichtsmethoden erfolgreich einsetzen zu können. Damit der Vermittlungsprozess geöffnet werden kann und Lernende eigenverantwortlich im Sinne der Erkenntnisgewinnung handeln können (vgl. S. 15), müssen sie auf Fachwissen zugreifen können (z.B. kann eine Frage nach der Art eines entstehenden Gases nur entwickelt, wer Wissen über die Existenz unterschiedlicher Gase besitzt). Dadurch besteht eine Abhängigkeit von Fachwissen der Lernenden und Offenheit, die in diversen Diskussionen zu an Erkenntnisgewinnung orientierten Vermittlungsmethoden explizit hervorgehoben wird (z.B. Bevins & Price, 2016; Rönnebeck, Bernholt, & Ropohl, 2016). Ferner ist es häufig Ziel eines an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung orientierten Unterrichtsgangs, Fachwissen zu vermitteln (vgl. Fang et al., 2016; Lazonder & Harmsen, 2016).

2.1.4.4 Fachmethoden

Im Sinne der Erkenntnisgewinnung sind abstraktes Wissen und abstrakte Kompetenzen über grundsätzliche Untersuchungsansätze, die Festlegung von Variablen, Messzeiträumen, Messwiederholungen etc. notwendig (vgl. S. 5 und 5.2.4). Soll zum Beispiel die entstehende Gasmenge bei einer Reaktion bestimmt werden, muss das Volumen gemessen werden. Um aber tatsächlich eine empirische Untersuchung durchführen zu können, müssen Lernende auf

Fachmethoden zurückgreifen können (Sommer, 2007). Hier geht es erstens um die grundsätzliche Kenntnis einer Fachmethode (z.B. pneumatisches Auffangen). Zweitens geht es um die Kenntnisse zur konkreten Durchführung in Form einer Arbeitstechnik (z.B. pneumatisches Auffangen von Gas mittels eines mit Wasser gefülltem Reagenzglas in einem 1l-Becherglas mit Wasser). Hier sind in erheblichem Maße Wissen und Fähigkeiten notwendig, die durchaus unabhängig vom Gang der Erkenntnisgewinnung erworben werden können, die aber wiederum für einen vom Lernenden (mit-)bestimmten Unterrichtsgang unabdingbar sind (Bevins & Price, 2016; Metzger & Sommer, 2010). Auch bei der Einbindung der Fachmethoden in die Vermittlung kann wieder das Prinzip der Offenheit angewandt werden, indem die Arbeitstechnik kleinschrittig vorgegeben ist (geschlossen), die Fachmethode skizziert wird (halboffen) oder keine Vorgaben zur Fachmethode gemacht werden (Metzger & Sommer, 2010; Priemer, 2011).

2.1.4.5 Kooperation

Lernende sind in den meisten Lehr-Lern-Situationen nicht allein mit der Lehrperson. Dennoch sind Lehr-Lern-Situationen nicht auch zwangsläufig kooperative Situationen. Kooperation findet dann statt, wenn eine Abhängigkeit der Gruppenmitglieder untereinander dazu führt, dass diese miteinander (im Idealfall positiv) interagieren (Johnson, Johnson, & Stanne, 2000; Johnson & Johnson, 1975). In an Erkenntnisgewinnung orientierten Unterrichtskonzeptionen ist eine solche Kooperation einerseits inhärent – die Lernenden agieren zumeist in Gruppen –, andererseits wird sie zum Teil in den Beschreibungen der Konzeptionen gefordert (Martius et al., 2016). Die positive Abhängigkeit entsteht je nach Öffnungsgrad (vgl. S. 15) bereits in der präexperimentellen Phase, wenn die Festlegung der Ziele und die Formulierung von Fragen und Hypothesen erfolgt. Spätestens in der experimentellen Phase ist im Normalfall eine Abhängigkeit durch die vorhandenen Mittel (Geräte/ Chemikalien) gegeben. Im Schulkontext ist häufig nicht ein Satz an Geräten und Chemikalien für jeden einzelnen Schüler vorhanden. Es muss also geteilt und damit idealerweise kooperiert statt konkurriert werden. Eine Kooperation bietet sich aber auch deswegen häufig an, weil die Durchführung mit mehreren Personen einfacher ist. So lässt sich z.B. das pneumatische Auffangen eines Gases für Anfänger wesentlich leichter bewerkstelligen, wenn eine Person den Messzylinder unter Wasser hält und eine andere Person eine Brausetablette in Wasser gibt. Soll danach noch ein Gastest durchgeführt werden, ist ein weiteres Paar helfender Hände nahezu unverzichtbar.

2.1.4.6 Kommunikation und Reflexion

Ähnlich wie die Verbindung von Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und Kooperation naheliegend ist, so ist es auch die Verbindung zur Kommunikation. In jeder Phase der Vermittlung sollte, so auch nur eine minimale Offenheit gegeben ist, Kommunikation stattfinden (Bevins & Price, 2016). Diese kann sowohl zwischen Lehrer und Lernenden als auch unter den Lernenden stattfinden. Sie können verschiedene Bereiche wie z.B. die Erkenntnisgewinnung selbst (z.B. Welche Frage sollen wir stellen?) oder die Handlungsorganisation (z.B. Wer bedient das Gerät? Wer schreibt die Beobachtungen auf?) betreffen. Gleichzeitig bietet die Offenheit eines Schrittes auch immer wieder Anlass zur Reflexion. Denn im Rückblick müssen die Entscheidungen, die getroffen wurden, bewertet werden (z.B. Hätten wir besser eine andere Frage gestellt? Haben wir unsere Frage vollständig beantwortet?). Auch hier ist jedoch wichtig, dass die Reflexion explizit angeregt wird.

Insgesamt sind alle hier beschriebenen Merkmale der Vermittlung orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Phasierung, Offenheit, Fachmethoden, Fachwissen, Kooperation, Kommunikation und Reflexion) auch Entscheidungsfelder für die Konzeption einer Vermittlungssituation darstellen. Es sollte im Vorhinein entschieden werden, welche Vermittlungsziele erreicht werden sollen und welche Leistungen und Bedürfnisse von den Lernenden zu erwarten sind. Wenn dann eine an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung orientierte Vermittlung stattfinden soll, muss für jedes der Merkmale entschieden werden, in welcher Ausprägung es abgebildet wird (Welche Phasen werden durchgeführt? Wie offen wird die Situation gestaltet?) und wie eine gezielte Unterstützung der Lernenden erfolgen kann (Wie wird Fachwissen und Fachmethodenwissen bereitgestellt? Wie werden Kooperation und Kommunikation gefördert?). Im Folgenden werden empirische Ergebnisse zum Einsatz von Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung präsentiert und diskutiert.

2.1.5 Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung: Empirische Befunde

Grundsätzlich ist das Maß für den Erfolg einer Vermittlungsmethode, ob auch eine Vermittlung gelingt. Hier sind zwei zentrale Fragen zu stellen: Welcher Lernerfolg ist feststellbar? Wodurch kommt dieser Lernerfolg zustande? Diverse Studien beschäftigen sich mit ähnlich lautenden Fragestellungen in konkreten, schulischen Vermittlungssituationen. Da der Fokus dieser Arbeit nicht auf der schulischen Vermittlung liegt, sind die Kontexte, in denen sie durchgeführt wurden, allesamt weit vom Kontext der Vermittlungssituation in dieser Arbeit

entfernt. Es existieren jedoch auch aktuelle Meta-Analysen, die diverse Studien zur Wirksamkeit und den Wirkmechanismen von an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung orientierten Vermittlungssituationen zusammenfassen. Auf diese wird verstärkt eingegangen, da sie einen Einblick in allgemeine Wirkmechanismen von Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung geben:

- Lazonder und Harmsen (2016): 72 internationale Studien mit 5 bis 22 Jahre alten Probanden aus 68 Publikationen (1996–2006),
- Rönnebeck, Bernholt und Ropohl (2016): 81 internationale Studien mit Probanden aus Elementar-, Primar- und Sekundarstufe (Zeitraum unklar),
- Furtak, Seidel, Iverson und Briggs (2012): 37 internationale Studien aus 22 Publikationen (1996–2006),
- Minner et al. (2010): 101 internationale Studien mit Probanden aus Elementar-, Primar- und Sekundarstufe (1983–2002),
- Schroeder, Scott, Tolson, Huang und Lee (2007): 61 US-amerikanische Studien mit Probanden aus Elementar-, Primar- und Sekundarstufe (1980–2004).

Die Meta-Analysen unterscheiden sich in diversen Punkten, sodass zusammengenommen ein umfassendes Bild entstehen kann. Erstens unterscheiden sich die Stichproben in zeitlichem Umfang, geographischem Umfang, Art der berücksichtigten Studien (experimentell, quasi-experimentell, qualitativ) und Altersgruppen. Zweitens unterscheiden sich die Studien leicht in ihrem Analysefokus: Drei Meta-Analysen betrachten den Lernerfolg der Probanden im Bereich Fachwissen durch Vermittlung orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Furtak et al., 2012; Minner et al., 2010; Schroeder et al., 2007). Eine Meta-Analyse betrachtet Lernerfolg in den Bereichen Erkenntnisgewinnung und Fachwissen (Lazonder & Harmsen, 2016). Die fünfte Meta-Analyse betrachtet vornehmlich die in den Studien implementierten Elemente der Erkenntnisgewinnung (Rönnebeck et al., 2016). Nur Lazonder und Harmsen (2016) und Rönnebeck et al. (2016) betrachten also die Vermittlungsinhalte, die zentral für diese Arbeit sind. Trotzdem werden die anderen Studien hinzugezogen, da Lazonder und Harmsen (2016) häufig ähnliche Effekte für die förderlichen Bedingungen für Erkenntnisgewinnung und Fachwissen berichten.

Für die Vermittlung von SI-Inhalten durch IBL-Vermittlungsmethoden werden einige pauschale Zusammenhänge festgestellt, die zum Teil nach Alter ausdifferenziert werden. Lazonder und Harmsen (2016) zeigen, dass ein gewisses Maß an Anleitung förderlicher als die komplette Eigenständigkeit der Lernenden ist. Allerdings ist die effektivste Art der Unterstützung altersabhängig; ältere Probanden werden stärker durch weniger direkte Maßnah-

men (z.B. Begrenzung der Komplexität, Statusreports) unterstützt, jüngere Probanden durch stärker direktive Maßnahmen (z.B. Erklärungen, Scaffolding, Prompts). Rönnebeck et al. (2016) beschreiben ergänzend, dass die Fähigkeiten zur Erkenntnisgewinnung auch dann besser vermittelt werden, wenn die Lehrperson den Einsatz der Erkenntnisgewinnungsstrategien explizit für die Schüler machen. Sie schränken allerdings direkt ein, dass diese Maßnahme in den untersuchten Studien nur selten eingesetzt wird.

Mit Blick auf den Lernerfolg im Bereich Fachwissen stimmen die Meta-Analysen pauschal darin überein, dass an Erkenntnisgewinnung orientierte Vermittlungsmethoden zu größeren Lernerfolgen führen als traditionelle, vortragsartige Vermittlung (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016; Minner et al., 2010; Schroeder et al., 2007). Minner et al. (2010) zeigen, dass im Vergleich der Studien untereinander vor allem das Ausmaß, in dem die Probanden aktiv Denken müssen, ein Prädiktor für den Erfolg dieser Vermittlungsmethode ist. Im Vergleich der Gruppen innerhalb der Studien stellen sie das physische Experimentieren und die Eigenverantwortlichkeit der Probanden als Prädiktoren heraus. Furtak et al. (2012) errechnen, dass lehrergeleitete Vermittlung mittels an Erkenntnisgewinnung orientierter Vermittlung effektiver ist, als schülergeleitete Varianten.

2.1.6 Zusammenfassung: Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

In diesem Kapitel wird eine Unterscheidung zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung als Tätigkeit von Forschern, Vermittlungsinhalten zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und Vermittlungsmethoden orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung getroffen (s. 2.1.1). **Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung** ist der Prozess der Kombination von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, durch den Forscher zu neuen Erkenntnissen über die stoffliche Welt gelangen. **Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung** sind die für Lernende didaktisch rekonstruierten und reduzierten Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und das Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung. **Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung** sind solche Unterrichtsmethoden, in denen sich die zeitliche Abfolge des Unterrichtsgangs an der Abfolge eines idealisierten naturwissenschaftlichen Weges der Erkenntnisgewinnung orientiert

In dieser Arbeit werden als **Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung** die Teilbereiche naturwissenschaftliche Fragen, Untersuchungsplanung sowie

Analyse & Interpretation von Daten fokussiert (s. 2.1.2). In allen drei Teilbereichen gibt es spezifisches Wissen und spezifische Kompetenzen, die vermittelt werden sollen. Dabei geht es immer um die Eigenschaften (z.B. empirische Überprüfbarkeit einer Frage) und Funktionen (z.B. Untersuchung von Zusammenhängen) eines Teilbereichs. Gleichzeitig müssen immer wieder Verbindungen zwischen den Teilbereichen hergestellt werden (z.B. Leitfunktion der Frage für die Untersuchungsplanung). Für das Lehren und Lernen über diese drei Teilbereiche werden in der Literatur grundsätzliche Vermittlungsprinzipien beschrieben (s. 2.1.3). Zu diesen gehören wiederholtes Einüben, die explizite Beschreibung der zugrundeliegenden Eigenschaften und Funktionen eines Teilbereichs sowie die Diskussion von z.B. Modellfragen (Hofstein et al., 2005; Rönnebeck et al., 2016).

Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung besitzen einige gemeinsame Merkmale (s. 2.1.4; Koenen et al., 2017; Martius et al., 2016; Pedaste et al., 2015):

- Phasierung, d.h. die chronologische Struktur orientiert sich an einem idealisierten Forschungsgang von der Problemstellung hin zur Erklärung,
- Offenheit, d.h. Verantwortung und Entscheidungsbefugnis für Inhalte und Abläufe können in unterschiedlichem Maße bei Lehrperson oder Lernendem liegen,
- Einsatz von Fachwissen; d.h. Fachwissen ist nicht nur ein mögliches Lehrziel, es ist eine notwendige Ressource für den Vermittlungsprozess,
- Einsatz von Fachmethoden; d.h. in den Phasen der Untersuchungsplanung und -durchführung spielt eine für das Fach spezifische Methode (z.B. Chromatographie, IR-Spektroskopie) eine zentrale Rolle,
- Kooperation; d.h. die Lernenden arbeiten aufgrund einer positiven gegenseitigen Abhängigkeit zusammen,
- Kommunikation; d.h. die Lernenden kommunizieren miteinander und handeln ihr Vorgehen aus,
- Reflexion; d.h. die Lernenden reflektieren ihr Vorgehen in allen Phasen.

Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung werden häufig zur Vermittlung von Fachwissen, aber auch zur Vermittlung von Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung eingesetzt (s. 2.1.5; Lazonder & Harmsen, 2016; Rönnebeck et al., 2016). Als zentrale Implikationen sind hier hervorzuheben, dass ein gewisses Maß an Anleitung zu einem größeren Lernerfolg führt als vollkommene Eigenständigkeit der Lernenden, wobei Art und Umfang der erfolgreichsten Unterstützung nach Alter variiert werden sollten (Lazonder & Harmsen, 2016).

Insgesamt sind der Einsatz von Vermittlung orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und die Auseinandersetzung der Lernenden mit Vermittlungsinhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Sie können aber durch ein geeignetes Konzept erreicht werden. Dies wurde bisher fast ausschließlich für schulische bzw. universitäre Lernumgebungen gezeigt. In dieser Arbeit soll jedoch die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Rahmen einer Ausstellung betrachtet werden – also an einem informellen Lernort. Daher werden nun die Rahmenbedingungen von und Erkenntnisse über naturwissenschaftliches Lernen in einem solchen Kontext dargestellt.

2.2 *Naturwissenschaftsvermittlung an informellen Lernorten*

Die Begegnung und Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften findet für die meisten Menschen in verschiedenen Lebensbereichen, an verschiedenen Orten und auf verschiedene Arten und Weisen statt. In der naturwissenschaftsdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Literatur wird zur Beschreibung dieser Vorgänge überwiegend die Perspektive der Lernenden eingenommen, um diese Begegnung und Auseinandersetzung zu beschreiben. Um eine möglichst klare Verwendung der Begriffe in dieser Arbeit zu ermöglichen, werden zunächst der Begriff des Lernens und der Begriff des Lernortes näher beschrieben.

2.2.1 Begriffsklärungen

2.2.1.1 Lernen – formal, non-formal, informell, free-choice

Grundsätzlich wird Lernen wie folgt definiert:

Von Lernen wird gesprochen, wenn es auf der Grundlage von Erfahrung (selbst Erlebtem oder Wahrgenommenem) beabsichtigt oder unbeabsichtigt zu einer relativ dauerhaften Veränderung im Wissen oder Verhalten des Individuums kommt. (Hannover, Zander, & Wolter, 2014, S. 155)

In jüngerer Vergangenheit wird eine Unterteilung in formales, non-formales und informelles Lernen vorgeschlagen (BMBF, 2008; Dohmen, 2001; Werquin, 2010). Die Unterscheidung erfolgt auf Grundlage von Lernkontext, Lernziel und Zertifizierung. Formales Lernen wird hier als zielgerichtetes, willentliches Lernen in organisierten und strukturierten Umgebungen mit anschließender Zertifizierung verstanden, z.B. Schulabschluss, Universitätstitel oder Volkshochschulzertifikat (BMBF, 2008, S. 8; Werquin, 2010, S. 21). Informelles Lernen wird definiert als ungerichtetes Lernen außerhalb speziell strukturierter Umgebungen, z.B. während der Arbeit, in der Familie oder in der Freizeit (BMBF, 2008, S. 8; Werquin, 2010, S. 22). Non-formales Lernen wird als Begriff eingeführt, um mögliche Zwischenformen einzuschließen, also z.B. ungerichtetes Lernen in speziell strukturierten Lernumgebungen (z.B. Erkunden eines Science Centers), gerichtetes Lernen in unstrukturierten Umgebungen (z.B. Führung in einem Zoo) (Werquin, 2010, S. 22). Non-formales Lernen soll also als der mittlere Bereich eines Kontinuums zwischen formalem und informellem Lernen gesehen werden (Werquin, 2010, S. 22–25). Allerdings ist die Verwendung dieser Begriffe nicht eindeutig, da der Begriff „informell“ im US-amerikanischen Diskurs zum Teil anders genutzt wird und darüber hinaus der zusätzliche Begriff des *free-choice learning* verwendet wird (Falk, Dierking, & Foutz, 2007, S. xix; Klaes, 2008, S. 64). Dieser wird folgendermaßen definiert:

2.2 Naturwissenschaftsvermittlung an informellen Lernorten

This term describes the learning that occurs in settings in which the learner is largely choosing what, how, where, and with whom to learn. It is a generic term that captures the intrinsically motivated nature of most museum-based learning. However, it is important to note that although free-choice learning describes the learning of most casual visitors in museums, not all museum-based learning is free choice. For example, when children in school groups take field trips where there is a pre-defined lesson with limited or no choice or control over goals and activities, the learning is best described as compulsory. (Falk et al., 2007, S. xix)⁶

Es lässt sich also festhalten, dass in der psychologischen Definition Lernen ergebnisorientiert definiert wird, wohingegen die abgeleiteten Begriffe des formalen, non-formalen und informellen Lernens Merkmale des Lernprozesses und der -umgebung bzw. des Lernortes mit einbeziehen.

2.2.1.2 Informelle naturwissenschaftliche Lernorte

Hieran anknüpfend sollen auch die Begriffe Lernort und Lernumgebung näher beschrieben werden. Grundsätzlich ist ein Lernort ein physischer Ort, an dem Lernen stattfinden kann (Klaes, 2008, S. 48–50; NRC, 2009, S. 36–38). Auch hier kann eine weitere Ausdifferenzierung erfolgen. Formale Lernorte sind wiederum solche, die primär und nahezu ausschließlich dem Lernen dienen und an denen nahezu ausschließlich formales Lernen stattfindet, z.B. Klassenzimmer, Hörsaal (NRC, 2009, S. 127). Zwei weitere Lernort-Begriffe werden überschneidend genutzt: außerschulischer (*out-of-school*) Lernort und informeller (*informal*) Lernort. Beide Begriffe bezeichnen Orte wie Museen, Science Center, Zoos (Klaes, 2008, S. 49–50; NRC, 2009, S. 129; Rehm & Parchmann, 2015, S. 3). Der Begriff außerschulischer Lernort wird verwendet, wenn Schüler sich im Rahmen einer formalen Lernveranstaltung an einem solchen Ort befinden, im einfachsten Falle also im Rahmen eines Klassenausflugs (Klaes, 2008, S. 48). Der Begriff des informellen Lernortes bezeichnet dieselben Orte, wenn die Besucher freiwillig den Ort besuchen und dort auch weitere Wahlmöglichkeiten bezüglich ihrer Aktivitäten besitzen (Falk et al., 2007, S. xix; NRC, 2009, S. 127–130). In der vorliegenden Arbeit wird daher der Begriff des informellen Lernortes verwendet. **Als ein informeller, naturwissenschaftlicher Lernort wird ein physischer Ort verstanden, an dem ein strukturiertes Angebot mit naturwissenschaftlichen Inhalten besteht, an dem jeder Besucher freiwillig und selbstbestimmt teilnehmen kann.** Zum Zugang, Verhalten und Lernen von Besuchern solcher Lernorte gibt es verschiedene Theorien und Modelle, die nun näher erläutert werden.

⁶ Falk et al. (2007) fassen diverse Einrichtungen wie Museen, Science Center, Zoos unter dem Begriff *museum* zusammen.

2.2.2 Kontext-Modell des informellen Lernens und weitere Ansätze

Grundsätzlich gibt es Theorien und Modelle, die entweder die Perspektive der Besucher (*situated/ enacted identities*, *PAST*-Ansatz) oder die Perspektive der Angebotsseite (Vokal-Analogie, *six strands*) stärker berücksichtigen und solche, die möglichst umfassend verschiedene Aspekte des Besuchs integrieren (Kontext-Modell (*contextual model of learning*), *third spaces*) (Burns, O'Connor, & Stocklmayer, 2003; Falk & Dierking, 2000; NRC, 2009, S. 31 ff.; Stocklmayer & Gilbert, 2002). Konzeption und empirische Studie in der vorliegenden Arbeit stützen sich vornehmlich auf das Kontext-Modell von Falk und Dierking (2000). Daher werden zunächst kurz zwei Ansätze vorgestellt, die jeweils eine Perspektive einnehmen und dann das Kontext-Modell umfassender vorgestellt.

Der *situated/ enacted identities*-Ansatz gründet nahezu vollständig auf der Prämisse, dass die Eigenschaften und Dispositionen der Besucher die entscheidenden Prädiktoren für ihr Verhalten an einem informellen Lernort sind. Hier wird davon ausgegangen, dass Besucher sich aus einer bestimmten – bewussten oder unbewussten – Motivation zu ihrem konkreten Besuch an einem informellen Lernort entschließen und sich dadurch für diesen Besuch eine bestimmte Identität zu eigen machen. Diese temporäre Identität macht dann bestimmte Verhaltensweisen und bestimmte Lernwirkungen wahrscheinlicher. Folgende temporäre Identitäten werden beschrieben (nach Falk, 2011, S. 147):

- *Explorer* („Forscher“) wird von ihrer Neugier angetrieben, interessiert sich für die Inhalte des Angebots und möchte etwas darüber lernen,
- *Facilitators* („Lernhelfer“) werden von sozialen Gründen angetrieben und wollen, dass andere Mitglieder ihrer Gruppe etwas lernen,
- *Professional/hobbyists* („Profis“) sind professionell oder als starkes Hobby an den Inhalten des Angebots getrieben und interessieren sich für einen sehr speziellen Aspekt,
- *Experience seekers* („Erfahrungssuchende“) betrachten den Lernort als solches als wichtig und möchten das Bedürfnis befriedigen, dort gewesen zu sein,
- *Rechargers* („Erholungssuchende“) sind auf der Suche nach einer besinnlichen Erfahrung und nutzen den Lernort als Abwechslung zum Alltag.

Grundsätzlich lassen sich diese Besuchertypen empirisch identifizieren und Verhaltens- bzw. Wirkungsunterschiede zwischen ihnen können in empirischen Studien an informellen Lernorten festgestellt werden (Falk & Adelman, 2003; Falk, Heimlich, & Bronnenkant, 2008; Rowe & Nickels, 2011). Allerdings lassen sich nicht für alle Besucher klare Identitäten zuweisen (Falk, 2011; Rowe & Nickels, 2011). Außerdem berücksichtigt dieser Ansatz nicht die Möglichkeiten des informellen Lernortes, die Besucher und ihr Verhalten zu beeinflussen.

Von der Angebotsseite her gedacht ist der *six strands*-Ansatz (NRC, 2009, S. 54 ff.). Dieser geht davon aus, dass ein informeller Lernort sechs voneinander unterscheidbare, wenn auch nicht unbedingt voneinander unabhängig erreichbare, Ziele verfolgen und sein Angebot darauf ausrichten kann (nach NRC, 2009, S. 54 ff.):

- Interesse an Naturwissenschaften wecken bzw. stärken,
- Fachwissen vermitteln,
- Besucher zum naturwissenschaftlichen Denken anregen,
- Reflexion über Naturwissenschaften fördern,
- Besucher an naturwissenschaftlichen Praktiken teilhaben lassen,
- Besucher sich selbst als Teil des naturwissenschaftlichen Prozesses betrachten lassen.

Der *six strands*-Ansatz ist *outcome*-orientiert und wurde als Ordnungsschema für bestehende Forschungsprojekte an informellen Lernorten entwickelt, dem bisher eine empirische Validierung bzw. eine Validierung durch Praxisanwendung fehlen (National Research Council [NRC], 2009, S. 43).

In Kontrast zu den beiden bisher vorgestellten Ansätzen integriert das Kontext-Modell des Lernens (*contextual model of learning*) persönliche, soziale und physische Bedingungen des Lernens an informellen Lernorten (Falk & Dierking, 2000). Die Grundannahme des Kontext-Modells des Lernens ist, dass das Lernen am informellen Lernort freiwillig und selbstbestimmt ist (vgl. S. 24) und dass dadurch die Kontexte hier in besonderer Weise lernwirksam werden. Die drei Kontexte (persönlich, soziokulturell, physisch) einer informellen Lernerfahrung werden im Kontext-Modell wie folgt beschrieben (Falk & Dierking, 2000, S. 136–140):

- Unter dem **persönlichen Kontext** werden drei Dimensionen zusammengefasst: 1. Motive und Erwartungen, 2. Vorwissen, Interesse und Einstellungen, 3. Auswahl und Kontrolle.

Die genauere Betrachtung des persönlichen Kontexts zeigt eine gewisse Überschneidung mit dem *situated/ enacted identities*-Ansatz, geht aber darüber hinaus. Die erste Dimension des persönlichen Kontextes umfasst eben die mit den Identitäten einhergehenden Motive und Erwartungen (Falk & Dierking, 2000, S. 137). Die zweite Dimension greift jedoch auf eine Vielzahl lernpsychologischer Ansätze zurück. Zugrundeliegend ist die Annahme, dass an informellen Lernorten nur selten externe Belohnungs- bzw. Bestrafungsmechanismen (im Gegensatz zu z.B. Schulnoten) genutzt werden und dass daher das Lernen intrinsisch motiviert ist (Falk & Dierking, 2000, S. 16–22). Damit ein solches Lernen wahrscheinlicher wird, sollten aber noch weitere persönliche Faktoren zusammenkommen. Es sollte ein individuelles

sowie situationales Interesse⁷ an den Gegenständen des informellen Lernortes gegeben sein (Falk & Dierking, 2000, S. 23–26). Das Vorwissen über die Gegenstände kann sowohl zu Unter- als auch Überforderung führen, idealerweise führt die Passung zwischen Vorwissen der Besucher und dem Angebot des informellen Lernortes zu *Flow*-Erleben⁸ (Falk & Dierking, 2000, S. 26–30). Die dritte Dimension hebt noch einmal den Kontrast zwischen formalen und informellen Lernorten hervor. Falk und Dierking (2000, S. 138) warnen hier explizit davor, den Besuchern Kontrolle in dem Maße zu entziehen, wie es an formalen Lernorten häufig der Fall ist.

- Unter dem **soziokulturellen Kontext** werden zwei Dimensionen zusammengefasst: 1. Soziale Interaktion innerhalb der Besuchsgruppe, 2. Soziale Interaktion mit anderen.

Falk und Dierking (2000) referieren und diskutieren eine Vielzahl kulturtheoretischer und soziologischer Theorien, die sie schließlich in die beiden Dimensionen des soziokulturellen Kontextes einfließen lassen (S. 37–52). In der ersten Dimension wird die Besuchsgruppe als Lerngemeinschaft (*community of learners*) betrachtet (Falk & Dierking, 2000, S. 46–48, 92–105, 138). Hier werden die Beziehungen der Personen zueinander, ihr Wissen über das Vorwissen und die Interessen der anderen und ihre Kommunikation untereinander als lernförderlich angesehen. In der zweiten Dimension wird die Interaktion mit einem Vermittler am informellen Lernort als vorteilhaft betrachtet. Diese wird von Besuchern im Idealfall als Vorbild und Experte wahrgenommen und kann so den Besuchern weitere Lernanregungen geben (Falk & Dierking, 2000, S. 106–109).

- Unter dem **physischen Kontext** werden wiederum drei Dimensionen zusammengefasst: 1. Räumliche und inhaltliche Orientierungshilfen, 2. Design, 3. Bestärkende Erlebnisse und Erfahrungen außerhalb des informellen Lernortes.

Die Grundannahme für die Einbeziehung des physischen Kontexts in das Modell besteht darin, dass bestimmte Umgebungen ein bestimmtes Verhalten begünstigen und dass informelle Lernorte ein lernförderliches Verhalten begünstigen, weil sie von Besuchern als Orte erkannt werden, an denen man sich so verhält, dass man lernt (Falk & Dierking, 2000, S. 54–57). Die erste Dimension zieht in Betracht, dass Besucher einen informellen Lernort aufsuchen, weil er für sie einen Neuigkeitswert bereithält. Damit diese Neuigkeit aber nicht in Verwirrung übergeht, sollte ein informeller Lernort den Besuchern sowohl räumliche als auch inhaltliche Ori-

⁷ „Das Interesse bezeichnet eine herausgehobene Beziehung einer Person zu einem Gegenstand, die durch eine hohe subjektive Wertschätzung für den Gegenstand und eine insgesamt positive Bewertung der emotionalen Erfahrungen während der Interessenhandlung gekennzeichnet ist“ (Krapp, Geyer, & Lewalter, 2014, S. 205). Das individuelle Interesse bezeichnet ein relativ stabiles Persönlichkeitsmerkmal. Das situationale Interesse wird „primär durch die besonderen Anreizbedingungen der aktuellen (ggf. didaktisch gestalteten) Lernsituation und die Attraktivität des (Lern-)Gegenstands hervorgerufen“ (ebda.).

⁸ „Im Zustand des Flow ist die Person ganz bei sich und geht in ihrer aktuellen Tätigkeit völlig auf“ (Krapp et al., 2014, S. 208). Dies geht mit u.a. hoher, anstrengungsfreier Konzentration, reduziertem Zeitgefühl und fließendem Handlungserleben einher (ebda.).

entierungshilfen anbieten (Falk & Dierking, 2000, S. 114–122). Die zweite Dimension betrachtet Merkmale, die klassischer Weise mit einem „Ort“ assoziiert werden. Hier werden Dinge wie farbliche Gestaltung, räumliche Gestaltung und Anordnung einbezogen. Es geht insbesondere darum, dass das Design den Wirkungen entsprechen sollte, die man bei den Besuchern erzielen möchte (Falk & Dierking, 2000, S. 123–128). Die dritte Dimension kann nur bedingt als Teil des physischen Kontexts gesehen werden. Diese Dimension betrachtet einen bestimmten Besuch an einem informellen Lernort im Kontext der bisherigen Lernerfahrungen zu dem dort behandelten Thema. Erhofftes Lernverhalten und erwünschte Lernwirkungen entstehen also nicht allein durch das Geschehen an einem bestimmten Lernort allein, sondern durch eine Wechselwirkung mit bisherigen Erfahrungen (Falk & Dierking, 2000, S. 128–133). Hier besteht eine enge Verbindung zum *PAST*-Ansatz, der das Lernverhalten am informellen Lernort über die bisherigen Erfahrungen mit informellem Lernen und mit dem konkreten Thema erklärt.

Das Kontext-Modell des Lernens versucht, das Lernen an informellen Lernorten möglichst umfassend zu beschreiben. Zu diesem Zweck werden Theorien und Modelle aus der Sozialforschung, der Kulturwissenschaft, der Medienwissenschaft und der Psychologie miteinander verknüpft. Der *situated/ enacted identities*-Ansatz wird im persönlichen und zum Teil im soziokulturellen Kontext aufgenommen. Der *PAST*-Ansatz wird im physischen und ebenfalls zum Teil im persönlichen Kontext berücksichtigt. Insgesamt besitzt das Kontext-Modell des Lernens das größte Potential, um eine geeignete Lernumgebung für Besucher an einem informellen Lernort zu schaffen, da es die Rahmenbedingungen sowohl von Seiten der Besucher als auch von Seiten des Ortes beschreibt, die für ein erfolgreiches Lernerlebnis eintreffen sollten.

2.2.3 Empirische Befunde zur Vermittlung von Naturwissenschaften an non-formalen und informellen Lernorten

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf dem Besuch eines informellen Lernortes über Chemie im eigentlichen Sinne, d.h. die Besucher kommen freiwillig in einer selbstbestimmten Gruppe und entscheiden über Beginn und Ende ihres Besuchs sowie die währenddessen ausgeübten Tätigkeiten selbst. Die empirische Forschungsliteratur hierzu ist stark begrenzt. Selbst der aktuellste Forschungsbericht zu diesem Thema kommt zu diesem Schluss (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine [The Academies], 2016, S. 59). Dies kann bereits mit der Angebotsseite begründet werden. Die Chemie ist im informellen Bereich insgesamt unterrepräsentiert (Domenici, 2008; Elmer, Badenschier, & Wormer, 2008; NRC, 2011; Silberman, Trautmann, & Merkel, 2004; Wormer, 2010; Zare, 1996). Dies gilt nicht nur

im Vergleich mit der Gesamtheit an Themen für informelle Lernorte, sondern insbesondere auch im Vergleich zu den anderen Naturwissenschaften (Domenici, 2008; Elmer et al., 2008; Zare, 1996). So existieren zwar über 800 naturwissenschaftlich-technische Museen in Deutschland, aber nur wenige zeigen chemische Ausstellungen⁹ (Institut für Museumsforschung, 2016). Auch international besitzen nur wenige Museen Chemieausstellungen (NRC, 2011; Zare, 1996).

Die wenigen Publikationen über informelle Lernorte mit chemischen Themen unterscheiden sich erheblich in der Hinsicht, ob und in welchem Umfang Daten über die Teilnehmer erhoben wurden. Um trotzdem Hinweise für erfolgreiches Lernen an einem informellen Lernort über Chemie zu gewinnen, werden im Folgenden drei Gruppen an Studien betrachtet: 1. Studien, die das Lernen zu chemischen Themen an informellen Lernorten betrachten, 2. Studien, die das Lernen zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an anderen Themen an informellen Lernorten betrachten, 3. Studien, die die Auseinandersetzung möglicher Zielgruppen mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten in non-formalen Lernumgebungen betrachten.

2.2.3.1 Empirische Befunde über Lernen zu chemischen Themen an informellen Lernorten

Auch wenn sich Qualität und Umfang von Datenerhebung und Auswertung der Publikationen zum Lernen von anderen Gruppen als Schulklassen an informellen Lernorten zu chemischen Themen stark unterscheiden, weisen sie doch eine Gemeinsamkeit auf. Sie heben die Bedeutung des Experimentierens bzw. von Experimenten hervor, um Besucher für die Auseinandersetzung mit Chemie zu gewinnen (Domenici, 2008; Schiessl, Pfeifer, & van Eldik, 2007; Silberman et al., 2004; Ucko, 1986; Zare, 1996). Experimente scheinen also an informellen Lernorten eine *Catch*-Funktion¹⁰ zu besitzen. Allerdings liegen nur zwei Studien vor, die Daten über die Anzahl der Teilnehmer und die Dauer der Teilnahme hinaus erheben. In der von Schiessl, Pfeifer und van Eldik (2007) beschriebenen Experimentalvorlesung wurden Daten per Fragebogen erhoben. Aus der Analyse ergibt sich, dass der unterhaltende Charakter der Experimente das wichtigste Teilnahmeargument für die Besucher ist, dass viele aber auch einen Wissenszuwachs für sich erzielen möchten. In der Studie von Honskamp (2010) wurden an zwei Orten freiwillige Teilnehmer an einer Experimentierstation zur Chromatographie zu ihrem Wissen über Chromatographie befragt. Hier zeigte sich eine deutliche Steigerung des

⁹ Die genaue Zahl der chemischen Ausstellungen ist im Bericht des Instituts für Museumsforschung nicht aufgeführt. So ist aber beispielsweise die Chemie-Abteilung im Deutschen Museum München seit 2009 wegen Renovierungsarbeiten geschlossen.

¹⁰ „Catch“ und „Hold“ sind Begriffe aus der psychologischen Interessensforschung. Diese werden wie folgt definiert: „Während Ersteres [Catch] durch positive Emotionen (z.B. Spaß) und eine (relativ kurzzeitige) Fokussierung der Aufmerksamkeit gekennzeichnet ist, zeichnet sich Letzteres [Hold] durch eine Wertzuschreibung gegenüber dem Interessengegenstand und eine epistemische Orientierung der Interessenhandlung aus“ (Krapp et al., 2014, S. 206).

fachmethodischen Wissens im Vergleich zwischen Pre- und Posttest (Honskamp, 2010, S. 69).

Auf Grundlage dieser sehr kleinen und methodisch kritisch zu betrachtenden Literatur lassen sich vorsichtig drei Annahmen formulieren. Chemische Experimente an informellen Lernorten besitzen eine *Catch*-Funktion für Besucher. Besucher sind durchaus gewillt, ihr Wissen im Rahmen des Experimentierens zu erweitern. Es ist außerdem tatsächlich möglich, dass fachmethodische Wissen von Besuchern mindestens kurzfristig im Rahmen des Experimentierens zu steigern.

2.2.3.2 Empirische Befunde über Lernen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung an informellen Lernorten

Wiederum ist die Anzahl der Studien, die sich mit Erkenntnisgewinnung (sowohl im Sinne von SI als auch im Sinne von IBL) befassen, sehr klein. Ferner sind die Themen der untersuchten Lernorte bzw. Aktivitäten zwar naturwissenschaftlich, aber nicht chemisch. Es werden zwei Untersuchungen zu Erkenntnisgewinnungsaufgaben im Museumskontext und eine Untersuchung zum Lernen in der Natur vorgestellt (Allen, 1997; Gutwill & Allen, 2010; Luce, Goldman, Vea, & Al, 2016).

Die Studie von Allen (1997) zeigt, dass Erkenntnisgewinnungsaktivitäten das fachliche Verständnis von Besuchern fördert, einige dieser Aktivitäten allerdings schwierig für die Besucher sind. Allen (1997) untersuchte 392 einzelne Besucher eines Museums jeden Alters (280 davon Erwachsene) und ihr Verständnis eines interaktiven Optikexponats¹¹. Die Besucher wurden gebeten je eine zufällig aus sieben möglichen Aufgaben ausgewählte Erkenntnisgewinnungsaktivität durchzuführen (z.B. aus vorgegebenen Erklärungen auswählen und ein passendes Experiment für die Überprüfung vorschlagen, eine Vorhersage über Veränderungen machen). Es zeigte sich, dass insbesondere die unter 16 Jahre alten Besucher Schwierigkeiten hatten die Aktivitäten durchzuführen. Für die älteren Besucher war insbesondere die Aktivität des Experimentdesigns (Variablen identifizieren, Vorhersagen machen) schwierig.

Die Studie von Gutwill und Allen (2010) zeigt, dass Gruppen von Museumsbesuchern zügig Erkenntnisgewinnungskompetenz erwerben können, die sie dann auch an verschiedenen interaktiven Exponaten einsetzen. Gutwill und Allen (2010) untersuchten das Verhalten von 200 Familien unter unterschiedlichen Bedingungen. Der Hälfte der Familien wurde eines von zwei Spielen zur Erkenntnisgewinnung beigebracht. Beide Spiele zielen darauf ab, dass die Familien präexperimentelle (z.B. Fragen stellen, Untersuchungen planen) und postexperimen-

¹¹ Das Exponat zeigt die Entstehung farbiger Schatten auf einer Wand durch das Anleuchten einer davorstehenden Person mit grünem, rotem und blauem Licht.

telle (z.B. Beobachtungen benennen, Schlussfolgerungen machen) Fähigkeiten erlernen. Es wurde festgestellt, dass das Spiel, was die Nutzung dieser Fähigkeiten besonders explizit beschrieb, zu einer deutlich höheren Nutzung von Fähigkeiten zur Erkenntnisgewinnung auch an anderen Exponaten führte. In diesem sogenannten *Juicy Question*-Spiel sollten die Familien eine Frage an das Exponat stellen, auf die kein Mitglied die Antwort kannte, und sich überlegen, wie diese untersucht werden kann. In einem Post-Interview äußern die Besucher sich einerseits positiv über diese Unterstützung, beschreiben andererseits aber auch, dass sie es als anstrengend empfinden, sich selbst immer wieder zur Nutzung der Fähigkeiten zur Erkenntnisgewinnung zu ermuntern.

In der explorativen Studie von Luce et al. (2016) wird beschrieben, inwiefern es möglich ist, Familien in ihrer Freizeit in der Natur dabei zu unterstützen, naturwissenschaftliches Argumentieren als einen Prozess aus Fragen stellen, Entwicklung von Untersuchungen und Formulierung von Erklärungen zu erkennen und durchzuführen. Auch in dieser Studie wurde die Unterstützung in Form einer spielerischen Aktivität gegeben. Die Nutzung dieser Spiele durch drei Familien wurde untersucht. Die Familien filmten sich selbst bei der Nutzung der Spiele in der Natur mit einer Kamera. Außerdem wurden die Teilnehmer im Nachhinein interviewt. Das Verhalten und die Aussagen wurden anschließend im Hinblick auf den Einsatz von Erkenntnisgewinnungsstrategien ausgewertet. Sie stellten den Einsatz von drei Teilprozessen der Erkenntnisgewinnung bei den Familien fest: Fragen stellen über die Funktionsweise von Phänomenen, Aufstellen von Vermutungen über Phänomene, spontane Versuche/ Experimente im Hinblick auf die Fragen und Vermutungen. Luce et al. (2016) bewerten daher die Wirksamkeit der spielerischen Aktivitäten als erfolgreich und empfehlen, die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung von Familien in konkreten Situationen mit offenem Ausgang zu unterstützen.

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass es an informellen Lernorten möglich ist, Besucher auf die Wege naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu leiten. Aus dem Vergleich der Studie von Allen (1997) mit den Studien von Gutwill und Allen (2010) sowie Luce et al. (2016) lässt sich außerdem erkennen, dass dies erfolgsversprechender in der Interaktion zwischen mehreren Personen gelingt. Außerdem deuten die Studien von Gutwill und Allen (2010) sowie Luce et al. (2016) daraufhin, dass es besonders wichtig ist, den Anfang des Erkenntnisgewinnungsprozess zu unterstützen, also das Stellen von Fragen und die Ermutigung, Untersuchungen zu planen. Einschränkend ist festzustellen, dass in diesen beiden Studien ausschließlich Familien untersucht wurden und keine anders zusammengesetzten Gruppen (z.B. Erwachsenengruppen) teilnahmen.

2.2.3.3 Empirische Befunde über Lernen zur Erkenntnisgewinnung in KEMIE®

Wie bereits beschrieben (vgl. S. 27), kann eine Besuchsgruppe an einem informellen Lernort als eine selbstgewählte Lerngemeinschaft betrachtet werden. Damit ist es unter Beachtung der wichtigen Einschränkungen der Freiwilligkeit der Teilnahme und der Entscheidungsfreiheit innerhalb der Lernumgebungen möglich, Vermutungen über Besucher informeller Lernorte aus Studien über andere experimentelle Lernarrangements mit stärkerer Formalisierung der Inhalte und Abläufe abzuleiten. Hierzu sollen Erkenntnisse aus dem Bereich des gemeinsamen Lernens von Eltern und Kindern an experimentellen Kursen mit chemischen Themen betrachtet werden, da diese einen gewissen Grad an Beachtung in der Literatur finden. Allerdings sind diese Projekte oft nur im Hinblick auf das Konzept beschrieben und es erfolgt keine empirische Untersuchung der Prozesse und Wirkungen (Cohen, 1979; Hermens & McCoy, 1986; Kelter, Paulson, & Benbow, 1990; O'Connor, 1960). Eine Ausnahme stellt KEMIE®¹² dar, daher werden hier Erkenntnisse aus dessen empirischer Erforschung betrachtet (Sommer, Russek, Kleinhorst, Kakoschke, & Efing, 2013).

Aus den empirischen Begleituntersuchungen zu KEMIE® sind Erkenntnisse über das gemeinsame Experimentieren von Eltern-Kind-Paaren und insbesondere über die Vermittlung von Inhalten zur Erkenntnisgewinnung in einem experimentellen Lehr-Lern-Arrangement bekannt. So wurde festgestellt, dass die Teilnahme an dem experimentellen Lehr-Lern-Arrangement das Verständnis der Eltern und Kindern für den Zweck von Experimenten für die chemische Wissenschaft, in diesem Fall die Prüfung von Hypothesen, deutlich verbessert (Kleinhorst, 2013, S. 221–222; Russek, 2011, S. 181–186). Allerdings zeigt sich in der Untersuchung von Kleinhorst (2013) auch, dass die Steigerung bei den Kindern gering ist (S. 222). Die Untersuchung von Kleinhorst (2013) zeigt außerdem, dass die Kompetenz im Bereich des hypothesengeleiteten Experimentierens durch die Teilnahme verbessert wird (S. 219–221). Aus einer weiteren Untersuchung ergibt sich, dass Lehrziele, die auf eine Vermittlung von Erkenntnisgewinnung abzielen, von den KEMIE®-Teilnehmern häufig wahrgenommen werden (Kakoschke, 2014, S. 225 ff.). Allerdings wurde auch gezeigt, dass die Wahrnehmung dieser Lehrziele durch verschiedene Effekte gemindert wird, wie z.B. der erste Besuch des Labors oder ein besonders interessanter Inhalt (Kakoschke, 2014, S. 226). Insgesamt nehmen Eltern die intendierten Lehrziele einer experimentellen Einheit stärker wahr als Kinder, z.B.

¹² KEMIE® ist ein seit 2008 an der Ruhr-Universität Bochum durchgeführtes Programm für Eltern und Kinder. Es beruht auf drei grundsätzlichen Merkmalen: Einbeziehung der Eltern, Langfristigkeit und Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Eltern und Kinder melden sich formal an und nehmen als Paar an neun aufeinander abgestimmten Einheiten à drei Stunden über neun Monate teil. Diese finden im Alfried Krupp-Schülerlabor statt. Die Teilnahme ist freiwillig. Innerhalb der Einheiten verläuft das Programm jedoch nach einem festen Ablauf. In der letzten Einheit können die Eltern und Kinder Untersuchungen zum Gegenstand Badesalz entwerfen.

wird das Lehrziel, die Merkmale von Forschungsfragen zu vermitteln von 52% der Eltern und von 33% der Kinder wahrgenommen (Kakoschke, 2014, S. 205). Schließlich konnte festgestellt werden, dass Eltern und Kinder ihre Zusammenarbeit beim Experimentieren als echte Kooperation wahrnehmen (Dalmaz, 2016, S. 58–59).

Damit liegen aktuell vor allem Ergebnisse zu den Wirkungen eines gemeinsamen chemischen Experimentierens von Eltern und Kindern vor. Unter den Bedingungen von KEMIE® – also mit einer spezifischen Ausrichtung auf Prozesse der Erkenntnisgewinnung – scheint eine positive Wirkung auf Wissen, Einstellungen und Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung zu bestehen. Mit Blick auf die Ausrichtung dieser Arbeit sind jedoch Einschränkungen zu nennen. Konzeptionell ist die Teilnahme an KEMIE® zwar freiwillig, innerhalb des Lehr-Lern-Arrangements werden die Abläufe (zeitlich, inhaltlich) jedoch überwiegend sehr stark von einer Lehrperson gesteuert. Außerdem sind die Teilnehmergruppen stark vorgegeben. Es sind immer Paare bestehend aus einem Elternteil und einem Kind. Ferner ist die Dauer des Projektes mit neun Terminen in neun Monaten langfristig. Trotzdem geben die Erkenntnisse des Projektes einen Hinweis darauf, dass die Vermittlung von Erkenntnisgewinnung im Rahmen eines experimentellen Lehr-Lern-Arrangements auch an andere Gruppen als Schülern gelingen kann.

2.2.4 Zusammenfassung: Lernen an informellen Lernorten

In diesem Kapitel wird der Begriff des Lernens ausdifferenziert in formal, non-formal, informell und *free-choice* Lernen betrachtet (s. S. 23). Um den Rahmen in dem die Studie zu dieser Arbeit durchgeführt wurde klar bestimmen zu können, wird weiterhin definiert, dass ein **informeller, naturwissenschaftlicher Lernort** als ein physischer Ort verstanden wird, an dem ein strukturiertes Angebot mit naturwissenschaftlichen Inhalt besteht, an dem jegliche Besucher freiwillig und selbstbestimmt teilnehmen können (s. S. 24). Im Folgenden werden theoretische Ansätze bzw. Modelle zum Lernen an solchen Orten vorgestellt (s. 2.2.2). Als bisher weitreichendstes Modell hierzu wird das **Kontext-Modell des Lernens** von Falk und Dierking (2000) betrachtet. Hier wird die Lernerfahrung an einem informellen Lernort als von den drei Kontexten persönlich, soziokulturell und physisch bedingt dargestellt. Zum persönlichen Kontext zählen Motive und Erwartungen, Vorwissen, Interesse und Einstellungen sowie das Bedürfnis nach Auswahl und Kontrolle. Zum soziokulturellen Kontext zählen die Interaktion mit der eigenen Gruppe und die Interaktion mit anderen und hier insbesondere mit Mitarbeitern des informellen Lernortes. Zum physischen Kontext gehören räumliche und inhaltliche Orientierungshilfen, Design und Erfahrungen außerhalb des aktuellen Lernortes.

Die empirische Forschungslage zu Lernen an informellen Lernorten zur Erkenntnisgewinnung und zur Chemie ist sehr begrenzt (s. 2.2.3). Aus den bisherigen Studien zu chemischen Experimenten an informellen Lernorten lässt sich ableiten, dass diese eine hohe Attraktivität für Besucher haben, also eine Art *Catch*-Funktion besitzen (Domenici, 2008; Schiessl et al., 2007; Silberman et al., 2004; Ucko, 1986; Zare, 1996). Allerdings gibt es abgesehen von der Teilnahmedauer keine Beschreibungen des Verhaltens von Besuchern beim Experimentieren. Aus dem non-formalen Bereich zeigen Ergebnisse von Studien zu dem Projekt KEMIE[®], dass in einem langfristigen Projekt chemische Fachinhalte, naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und Experimentieren für Familien lernförderlich aufbereitet werden können. Allerdings sind die in dem Projekt gegebenen Bedingungen (feste Teilnehmer, feste Zeiten, verschiedene Einheiten über mehrere Monate, vollständig ausgestattete Laborumgebung) nicht ohne weiteres auf einen informellen Lernort übertragbar. Für die Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung in informellen Umgebungen zeigen einzelne Studien, dass eine solche erzielt werden kann (Allen, 1997; Gutwill & Allen, 2010; Luce et al., 2016). Hier zeigt sich, dass insbesondere der Anfang des Prozesses der Erkenntnisgewinnung (also Fragen, Untersuchungsplanung) unterstützt werden sollte. In den vorliegenden Untersuchungen erfolgt eine Unterstützung durch Lehrmaterial. Hier wird insbesondere in der größer angelegten Studie berichtet, dass die Teilnehmer von Ermüdung berichten, weil sie sich selbst immer wieder an die Einhaltung der Regeln erinnern müssen.

2.3 Synthese: Lernen über und durch Erkenntnisgewinnung an informellen Lernorten

Anlass für diese Synthese der vorangegangenen Kapitel zur Erkenntnisgewinnung im Lehr-Lern-Kontext und zum naturwissenschaftlichem Lernen an informellen Lernorten sind die in jüngerer Zeit wiederholt aufgebrachten Fragen, was formaler Naturwissenschaftsunterricht und informelles Naturwissenschaftslernen, was Naturwissenschaftsdidaktik und Wissenschaftskommunikation voneinander lernen können (Baram-Tsabari & Osborne, 2015; The Academies, 2016). Dies wird in dem Bericht *Effective chemistry communication in informal environments* beispielhaft folgendermaßen formuliert:

In welchem Umfang sind Vermittlungsmethoden und -konzepte, deren Lernwirksamkeit im Hinblick auf Chemielernen in formalen Lernumgebungen nachgewiesen wurde, auch nützlich und relevant für die Konzeption von Gelegenheiten zur Auseinandersetzung mit Chemie in informellen Lernumgebungen? (The Academies, 2016, S. 104, Übersetzung des Autors)

Grundsätzlich bietet sich die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als **Vermittlungsinhalt** an. Aus formaler Perspektive ist sie wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung und sie ist in einer für Vermittlungszwecke operationalisierten Form ausdifferenziert (vgl. 2.1.2; Lederman et al., 2014; OECD, 2013; Roberts & Bybee, 2014; Wellnitz et al., 2012). Gleichzeitig ist naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung auch ein wichtiges Ziel und Thema der Wissenschaftskommunikation, da neue Erkenntnisse ihre Legitimation auch und vor allem aus dem Prozess erhalten, in dem sie entstanden sind (Burns et al., 2003). In der Wissenschaftskommunikation liegt der inhaltliche Fokus auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisprozessen (z.B. Reaktion einzelner Moleküle im Vakuum, Synthese komplexer Antibiotika-Moleküle, Verhalten von Proteinen in Zellen (z.B. Feresin & Havenith, 2017)). Die didaktische Aufbereitung dieser Inhalte im Sinne der Erkenntnisgewinnung sollte prinzipiell von Erfahrungen in der Chemiedidaktik mit der Aufbereitung bewährter chemischer Inhalte (z.B. Herstellung von Zinkoxid aus Zink (Arnold et al., 2008, S. 163)) profitieren.

Aus Sicht der **Vermittlungsmethoden** lassen sich theoretisch diverse Gemeinsamkeiten zwischen den Prinzipien der Vermittlung orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (2.1.4) und denen des Kontext-Modells des informellen Lernens zur Beschreibung von Lernen an informellen Lernorten (2.2.2) feststellen. Aus einer Verknüpfung dieser beiden Ansätze sollten sich prinzipiell Synergien für die Konzeption von informellen Lernorten ableiten lassen. Dies kann in besonderem Maße im Hinblick auf die Merkmale der Vermittlung **Phasierung**, **Offenheit** sowie **Kommunikation** und **Kooperation** gelingen.

Grundlegendes Merkmal der Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ist die **Phasierung**. Die Phasierung kann auch Besuchern von informellen Lernorten eine Strukturierung bieten, von der höhere Lernwirkungen zu erwarten sind als von einem ungerichteten Erkunden (vgl. 2.1.5). Gleichzeitig ist die persönliche **Motivation** der Besucher, an diesem Ort und zu diesem Zeitpunkt etwas zu lernen (s. S. 26), ein wichtiger Faktor um die Phasierung erfolgreich zu durchlaufen. Die intrinsische Motivation sollte zu einem hohen Durchhaltevermögen führen. Dadurch werden im besten Fall mehrere Forschungszyklen von den Besuchern durchgeführt.

Die Phasierung wird ergänzt durch das Merkmal der **Offenheit** (s. S. 15). Das Maß, in dem die Lernenden eigene Entscheidungen treffen, kann und soll variiert werden. Diese findet sich beim informellen Lernen in den persönlichen Bedürfnissen nach **Auswahl und Kontrolle** (s. S. 26) wieder. Besucher eines informellen Lernortes sollen also über Dauer, Umfang und Inhalt einer Lernaktivität mitentscheiden. **Offenheit** ist außerdem ein wichtiger Faktor für den Umgang mit **Vorwissen** als eines weiteren Merkmals des persönlichen Kontexts. Da an einem informellen Lernort von einem stark unterschiedlichen Vorwissen der Besucher ausgegangen werden kann, sollte eine gezielte und individuelle Veränderung der Offenheit möglich sein. Dies kann insbesondere durch eine Abstufung des Angebots und/ oder eine persönliche Betreuung erreicht werden.

Weitere wichtige Merkmale der Vermittlung orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und des Kontext-Modells des Lernens sind **Kommunikation** und **Kooperation** (vgl. S. 17 und 2.2.2). Diese Merkmale werden eingesetzt, weil sie nachweislich lernförderlich sind (s. 2.1.5) und als dem Verhalten tatsächlicher Forscher ähnlich angesehen werden. An informellen Lernorten sind Kommunikation und Kooperation essentieller Bestandteil des **soziokulturellen Kontexts** (s. S. 27). Informelle Lernorte sind Orte des Miteinanders; Gruppen haben sich ihre Zusammensetzung normalerweise selbst ausgesucht und haben bewährte Arten der Interaktion. Es ist also zu erwarten, dass die grundsätzliche Bereitschaft der Gruppen zur Interaktion und die unterstützenden Maßnahmen einer Vermittlung orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu verstärkter und erfolgreicherer Kommunikation und Kooperation führen. Dies hat auch wichtige Implikationen für empirische Forschungsansätze. Erkenntnisgewinnung ist nicht direkt als Prozess der Beobachtung oder Messung zugänglich. Durch die Kommunikation werden aber auch Prozesse der Erkenntnisgewinnung versprachlicht und können so als Daten aufgenommen werden.

Auch wenn die empirischen Grundlagen zur Vermittlung von Inhalten zur Erkenntnisgewinnung durch Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewin-

nung sowie zur Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung am informellen Lernort begrenzt sind (vgl. 2.1.3, 2.1.5, 2.2.3), lassen sich Implikationen für eine erfolgsversprechende Konzeption ableiten. Im formalen Bereich wurde gezeigt, dass die Unterstützung durch eine Lehrperson zu größeren Lernerfolgen führt als völlige Eigenständigkeit der Lernenden. Im informellen Bereich wurde gezeigt, dass Teilnehmer bei der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung von Ermüdung berichten, wenn sie selbst für die Einhaltung der Erkenntnisgewinnungsprozesse verantwortlich sind. Hier wäre also empfehlenswert, auch am informellen Lernort die Unterstützung durch eine Lehrperson anzubieten. Diese Person könnte auch für eine flexible Offenheit sowie für den Einsatz unterschiedlicher Unterstützungsmaßnahmen (s. S. 11) sorgen.

Insgesamt lässt sich also sagen, dass eine Vermittlung orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung von den Freiheiten des informellen Lernortes profitiert. Ein informeller Lernort profitiert umgekehrt von der erprobten Struktur der Vermittlung orientiert an Erkenntnisgewinnung und den empirischen Erkenntnissen über Lernwirkungen durch eine solche Vermittlung. Ebenso ist die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als Inhalt eine Möglichkeit, erprobte Inhalte des Chemieunterrichts mit neuen Inhalten der Wissenschaftskommunikation zu verknüpfen. Bisher wurden solche Verbindungen in der Literatur nicht beschrieben. Soeben wurde theoretisch dargelegt, welche Möglichkeiten der Verknüpfung zwischen Chemiedidaktik, Wissenschaftskommunikation und der Didaktik für informelle Lernorte bestehen. Im Folgenden wird beschrieben, wie darauf aufbauend die konzeptionellen und empirischen Zielsetzungen dieser Arbeit formuliert und bearbeitet werden.

3 Zielsetzungen

Im November 2012 begann der DFG-geförderte RESOLV *Cluster of Excellence* EXC 1069, der sich mit *Solvation Science* – also mit der Erforschung von Lösungsmitteln, Lösungsvorgängen und Vorgängen in Lösung befasst (Feresin & Havenith, 2017; RESOLV, 2017). Im Rahmen dieses Projekts waren der persönliche Wille von teilnehmenden Forscherinnen und Forschern zur Kommunikation in der Öffentlichkeit und die finanziellen Mittel zur Ausgestaltung dieser Kommunikationsprojekte vereint. Als eine dieser Kommunikationsmaßnahmen war eine Wanderausstellung über die Forschung von RESOLV angestrebt. Diese sollte in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Chemiedidaktik der Ruhr-Universität Bochum umgesetzt werden. Aus diesem Bestreben ergeben sich die beiden Ziele für die vorliegende Arbeit.

3.1.1.1 Zielsetzung 1: Entwicklung und Umsetzung einer Ausstellung über die Arbeiten von RESOLV

Die Arbeiten zu Ziel 1 sind im Kapitel „4 Konzeptioneller Teil“ beschrieben. Auf Grundlage eines Modells zur didaktischen Konzeption naturwissenschaftlicher Ausstellungen von Laherto (2013) wird das Vorgehen bei der Konzeption der RESOLV-Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ und der integrierten Experimentierstation „ECce!“ beschrieben (vgl. 4.3, 4.4). Die Konzeption erfolgte in beiden Fällen unter Berücksichtigung der fachlichen, der fachdidaktischen und der gestalterischen Perspektive. Die Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ präsentiert die Forschungsarbeiten und -themen von RESOLV mit einem besonderen Fokus auf die Prozesse der Erkenntnisgewinnung. Diese werden in der Wanderausstellung explizit und implizit dargestellt. Die Experimentierstation „ECce!“ lässt Besucher darüber hinaus naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung erfahren. Sie adressiert durch den Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ ebenfalls das Thema Lösungen und Lösungsvorgänge. Die Konzeption vereint in besonderem Maße Inhalte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Fragen, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation) mit den Prinzipien der Vermittlung orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Phasierung, Offenheit, Fachwissen, Fachmethoden, Kommunikation, Kooperation) und den Anforderungen des informellen Lernortes (persönlicher, soziokultureller, physischer Kontext). Sie wurde erprobt, pilotiert und schließlich im Rahmen des ersten Ausstellungszeitraums der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ von Januar bis Februar 2016 implementiert.

3.1.1.2 Zielsetzung 2: Empirische Untersuchung der Experimentierstation „ECce!“ im Rahmen der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“

Die Arbeiten zu Ziel 2 sind im Kapitel „5 Empirischer Teil“ beschrieben. Der Fokus der empirischen Untersuchung liegt auf der Beschreibung und tentativen Erklärung des Verhaltens der Besucher bei der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung im Rahmen der Teilnahme an der Experimentierstation. Die dezidierten Forschungsfragen finden sich unter 5.1. Es werden in einem *Mixed-Methods*-Ansatz Daten über die Voraussetzungen der Besucher, ihr Verhalten und ihre Selbsteinschätzung erhoben und analysiert (5.2). Die Ergebnisse werden unter 5.3 ausführlich dargestellt und unter 5.4 zusammengefasst. Die hieraus abgeleiteten Erkenntnisse und Implikationen werden unter 5.5 diskutiert. Hier wird der Erfolg der Experimentierstation im Rahmen der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ eingeschätzt und es werden Implikationen für die grundsätzliche Wirksamkeit und Wirkmechanismen des gewählten Ansatzes diskutiert.

4 Konzeptioneller Teil

Die Rolle von Ausstellungsorten und Ausstellungen hat sich in den vergangenen Jahrzehnten verändert (Schiele, 2008). Waren sie früher im Selbstverständnis Orte des Bewahrens und Zeigens, so sind sie heute stärker als Lernorte gedacht, auch wenn dies weiterhin nicht ihre einzige Aufgabe ist (Schiele, 2008; Waidacher, 2005). Auf dieser grundlegenden Entwicklung beruht auch die Konzeption der RESOLV-Wanderausstellung „Völlig losgelöst“.

Die Konzeption der Wanderausstellung lässt sich anhand des Modells von Laherto (2013) zur didaktischen Konzeption von Ausstellungen beschreiben (Abb. 4). Laherto (2013) beschreibt aus einer theoretischen Perspektive am Beispiel einer hypothetischen Ausstellung zur Nanotechnologie, wie eine solche Ausstellungskonzeption unter Einbeziehung von didaktischer und bildungswissenschaftlicher Forschung verlaufen sollte. Grundsätzlich sieht das Verlaufsmodell vier Schritte vor:

1. Festlegung der Ziele des Ausstellungsortes,
2. Festlegung der Ziele der konkreten Ausstellung,
3. Entwicklung eines *exhibition brief*¹³,
4. Konzeption und Umsetzung der konkreten Ausstellung.

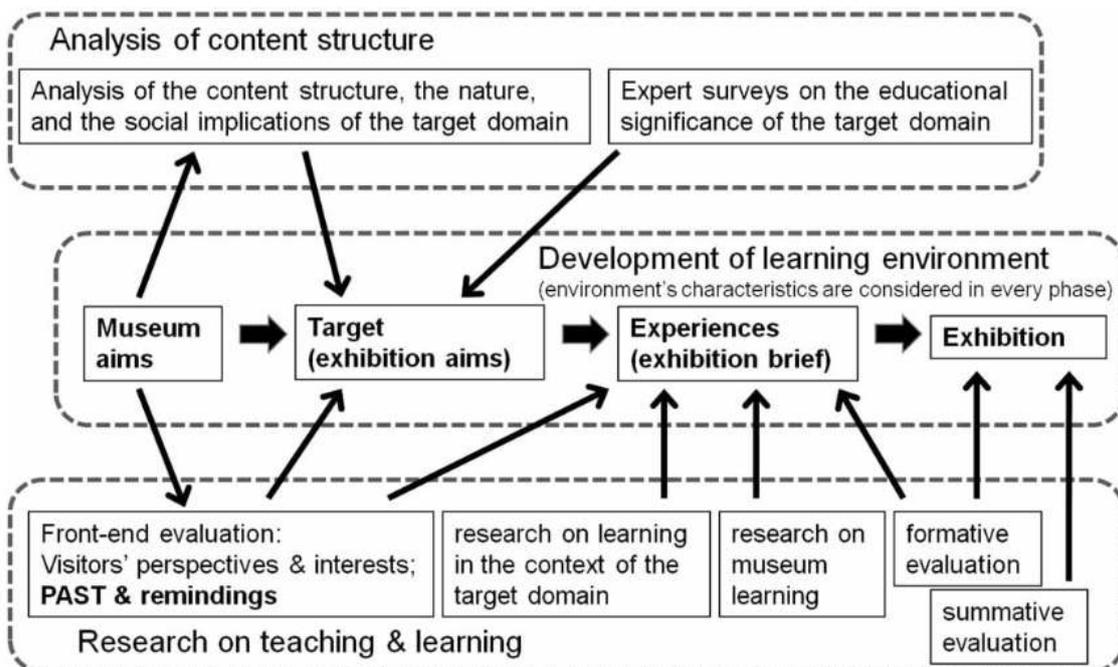


Abb. 4: Modell zur Konzeption einer Ausstellung unter Berücksichtigung (naturwissenschafts-)didaktischer Prinzipien für formales und informelles Lernen (Laherto (2013))

¹³ Der englische Begriff wird im Weiteren verwendet, da die deutschen Begriffe „Skizze“ oder „Anleitung“ ihm nur ungenügend entsprechen.

Insbesondere die Festlegung der Ausstellungsziele und Entwicklung des *exhibition brief* sollen die Sachstruktur der Inhalte und die Erkenntnisse aus formaler fachdidaktischer Forschung und Forschung zu informellem Lernen berücksichtigen. Laherto (2013) schlägt vor, die Sachstruktur durch eine didaktische Rekonstruktion abzubilden (Abb. 5; Kattmann et al., 1997), d.h. die Inhalte werden durch die Erfassung der fachlichen Perspektive und der Vorstellungen der Lernenden (hier: Besucher) didaktisch aufbereitet. Es wird weiterhin vorgeschlagen, die Besucherperspektive durch den *PAST*-Ansatz (*Personal Awareness of Science and Technology*) aufzugreifen (Stocklmayer & Gilbert, 2002). Dieser Ansatz geht davon aus, dass das Verhalten beim konkreten Besuch eines informellen Lernortes von vergangenen Erfahrungen mit dem konkreten Thema und von vergangenen Erfahrungen mit informellen Lernorten beeinflusst wird.

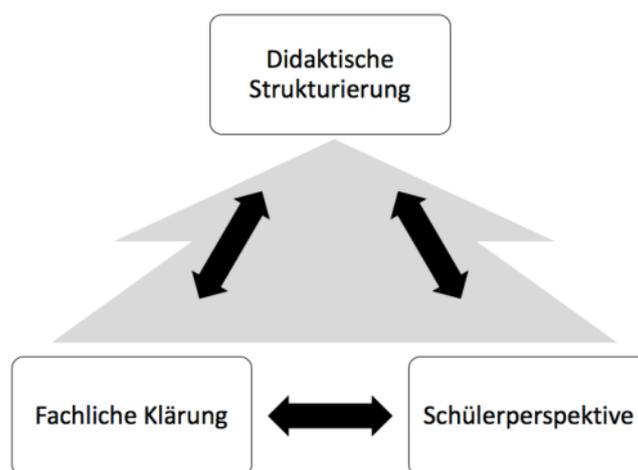


Abb. 5: Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997)

In der vorliegenden Konzeption der tatsächlich umgesetzten Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ wurde die grundlegende Idee von Laherto (2013) aufgegriffen, allerdings wurden sowohl im grundsätzlichen Ablauf der Entwicklung als auch im Hinblick auf die angewandten didaktischen Ansätze und ihre Anwendung einige Änderungen vorgenommen (Abb. 6). Diese Änderungen betreffen die Schritte des Ablaufmodells, die Anwendung der didaktischen Rekonstruktion, das verwendete Modell zur Beschreibung der Besucherperspektive und schließlich die Evaluationsschritte.

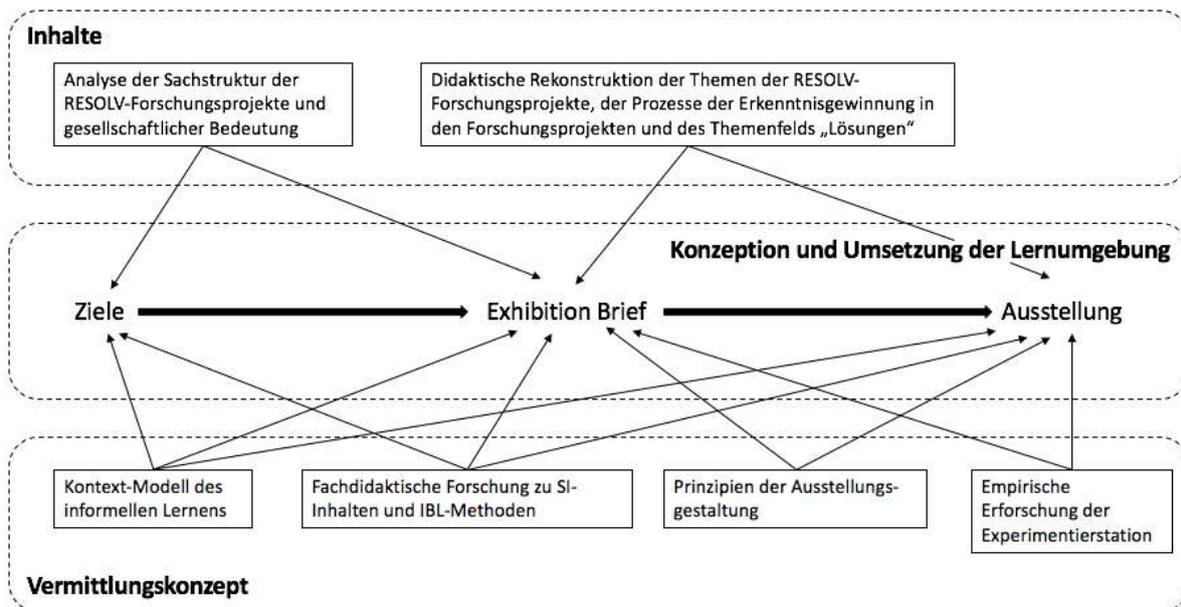


Abb. 6: Modell zur Konzeption der Ausstellung "Völlig losgelöst"

Erstens wurde der Ablauf auf drei Schritte verkürzt:

1. Festlegung der Ziele der konkreten Ausstellung,
2. Entwicklung eines *exhibition brief*,
3. Konzeption und Umsetzung der konkreten Ausstellung.

Da die Ausstellung aus dem Forschungsverbund heraus als Wanderausstellung konzipiert werden sollte, war es nicht nötig, die Ziele des Ausstellungsortes zu erfassen. Dadurch können die Ausstellungsziele mit einer kleineren Zahl von Entscheidungsträgern festgelegt werden.

Zweitens wurde das Modell der didaktischen Rekonstruktion umfassender angewandt als von Laherto (2013) vorgeschlagen. Die fachwissenschaftlichen Inhalte von *Solvation Science* wurden aus der Perspektive des Faches unter direkter Einbeziehung der Forscher geklärt sowie durch die Literatur. Aus der Perspektive der Lernenden wurden sie durch vorhandene empirische Studien rekonstruiert. Darüber hinaus wurden auch die Inhalte zur Erkenntnisgewinnung aus der Perspektive des Faches unter direkter Einbeziehung der Forscher und aus der Perspektive der Lernenden durch die empirische und theoretische Literatur rekonstruiert.

Drittens wurde für die Erfassung der Besucherperspektive statt des *PAST*-Ansatzes das Kontext-Modells des informellen Lernens gewählt (Falk & Dierking, 2000). Das Kontext-Modell besitzt den unter 2.2.2 beschriebenen Vorteil, dass die Besucher nicht nur allein, sondern auch in der Gruppe beschrieben werden. Darüber hinaus wäre es im Rahmen der Konzeption und Umsetzung der RESOLV-Ausstellung schwierig gewesen, die bisherigen Erfahrungen potentieller Besucher mit *Solvation Science* und Erkenntnisgewinnung einzubeziehen. In der Lite-

ratur sind diese nicht beschrieben und für eine empirische Erfassung waren keine ausreichenden – vor allem zeitlichen – Ressourcen vorhanden.

Viertens wurde die von Laherto (2013) vorgeschlagene formative und summative Evaluation auf die Experimentierstation „ECce!“ beschränkt. Dies ist zum einen darin begründet, dass hieran ein dezidiertes fachdidaktisches Forschungsinteresse bestand. Zum anderen war eine formative Evaluation der Ausstellung aufgrund des Zeitplans bei der Konzeption und Umsetzung der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ nicht möglich. Die formative Evaluation im Sinne der Pilotierung der Experimentierstation „ECce!“ ist unter 4.4.2 beschrieben. Die über eine summative Evaluation hinausgehende empirische Erforschung der Experimentierstation ist unter „5 Empirischer Teil“ beschrieben.

4.1 Ziele der Ausstellung

Die Ziele und das Gesamtkonzept der Ausstellung wurden in Kooperation zwischen Vertretern von RESOLV, dem Lehrstuhl für Chemiedidaktik der Ruhr-Universität Bochum und dem Unternehmen Neonpastell GmbH ermittelt (Strippel, Sommer, & Kohlbauer, 2017). Zunächst fanden im Zeitraum von November 2014 bis August 2015 sowohl bilaterale Treffen zwischen Vertretern von RESOLV und der Chemiedidaktik als auch bilaterale Treffen zwischen Vertretern der Chemiedidaktik und Neonpastell statt. In der Zusammenarbeit zwischen den Vertretern von RESOLV und der Chemiedidaktik standen insbesondere die Klärung der Sachstruktur und die didaktische Rekonstruktion der Inhalte im Vordergrund (s. 4.3.1). In der Zusammenarbeit zwischen den Vertretern der Chemiedidaktik und Neonpastell wurden vornehmlich Fragen bezüglich des informellen Lernortes und der Besucher geklärt (s. „Exkurs: Die verschiedenen Erzählstränge der Wanderausstellung ‚Völlig losgelöst‘“ (S. 48) und 4.3.2). Als Resultat dieser Vorarbeiten wurden im Juli und August 2015 folgende Ziele definiert. Die Ausstellung soll ...

- ... an Naturwissenschaft interessierte Personen in der Breite ansprechen, d.h. keine Einschränkungen das Alter oder das Vorwissen bezüglich *Solvation Science* betreffend (Ziel 1),
- ... grundlegende Informationen über Lösungen und Lösungsvorgänge vermitteln (Ziel 2),
- ... Einblicke in einzelne Projekte von RESOLV geben (Ziel 3),
- ... Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit den Motiven für und den Prozessen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung geben (Ziel 4).

4.2 Exhibition Brief

Aus diesen vier Zielen wurde ein *exhibition brief* entwickelt. Als Leitmetapher für die gesamte Ausstellung wurde „Forschung ist wie eine Expedition in ferne Welten“ gewählt. Damit werden die Besucher durch ein ihrer Vorstellung einfacher zugängliches Bild angesprochen (Abb. 7). Gleichzeitig wird der prinzipiellen Ergebnisoffenheit von Grundlagenforschung Rechnung getragen. Ferner enthielt der *exhibition brief* grundlegende Entscheidungen über Aufbau und Inhalt der Ausstellung. Es sollte eine Wanderausstellung (s. 4.3) kombiniert mit einer Experimentierstation (s. 4.4) entwickelt werden. Im Rahmen der Wanderausstellung sollten die grundlegenden Informationen über Lösungen präsentiert werden (Ziel 2, s. 4.3.1). Die Einblicke in RESOLV-Projekte sollten auf eine Art und Weise gegeben werden, die die fachwissenschaftlichen Themen berücksichtigt (Ziel 3, s. 4.3.1), aber gleichzeitig auch die Motive für und Prozesse der Erkenntnisgewinnung in der Grundlagenforschung in den Vordergrund stellt (Ziel 4, s. 4.3.2). Die Experimentierstation sollte einerseits genutzt werden, die Ausstellung für eine Vielfalt an Besuchern attraktiv zu gestalten, da sie hier aktiv handeln können (Ziel 1, s. S. 29), andererseits sollte sie dazu beitragen, die Besucher zu einer eigenständigen Auseinandersetzung mit den Prozessen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung anzuleiten (Ziel 4, s. 4.4.1).



Abb. 7: Eingangscomic der Ausstellung (Originalmaße: 2 x 5 m; ©neonpastell)

4.3 Konzeption und Umsetzung der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“

Die Wanderausstellung ist modular aufgebaut. Insgesamt umfasst sie elf Module und wurde in dieser Form zum ersten Mal im Januar 2016 im Blue Square Bochum¹⁴ gezeigt (Abb. 8).

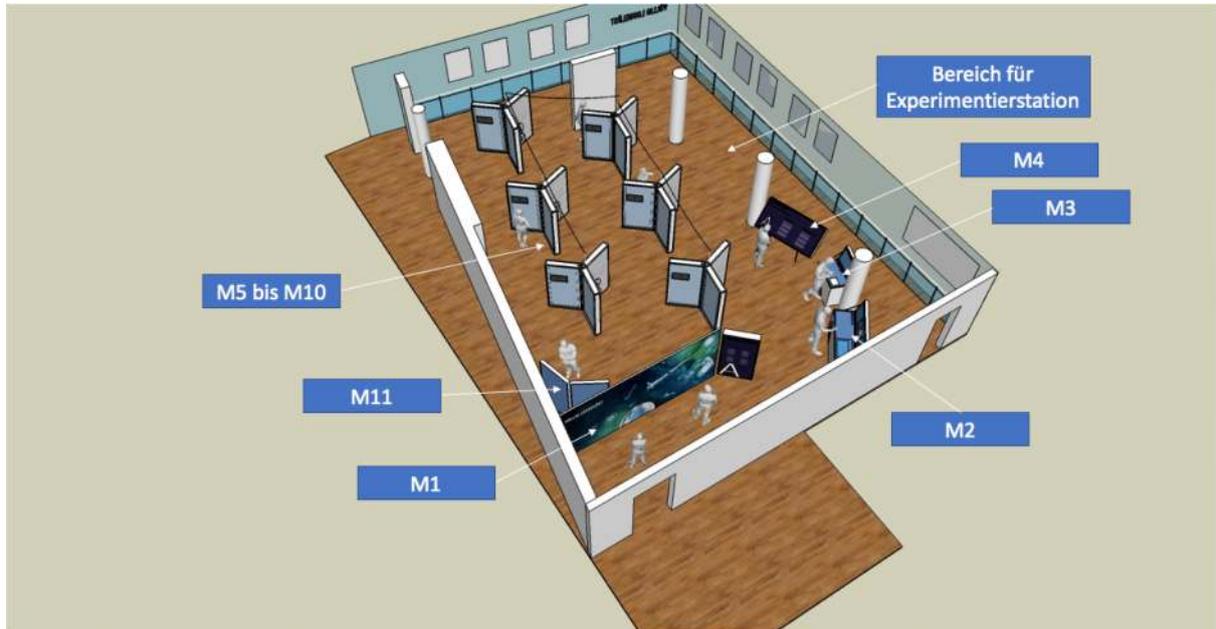


Abb. 8: Übersicht über die Module der Ausstellung "Völlig losgelöst" gemäß dem Aufbau im BlueSquare (©neonpastell)

Die Wanderausstellung besteht aus folgenden Modulen:

- Modul M1 „Einführung“: Auftaktelement in Form eines Comics und einer Themeneinführung (Abb. 7, 4.3.2),
- Module M2 „Lösungsvorgang“ und M3 „Wissenschaftliche Modelle“: Darstellung der Grundlagen zu Lösevorgang und Lösungsmitteln (4.3.1),
- M4 „Gemeinsame Mission“: Vorstellung der teilnehmenden Forscherinnen und Forscher und Erläuterung der Struktur der Ausstellung,
- M5 bis M10: Darstellung der Inhalte von sechs Forschungsprojekten aus RESOLV (4.3.1 und 4.3.2),
- M11 „Clustervorstellung“: Vorstellung von RESOLV und Ausblick auf die Zukunft des Forschungsverbundes.

Ein virtueller Gang durch die Ausstellung steht unter <https://vimeo.com/159085448> zur Verfügung. In den folgenden Abschnitten wird insbesondere die inhaltliche und vermittlungsmethodische Konzeption und Umsetzung beschrieben. Einen Überblick über die gestalterische Perspektive wird in dem „Exkurs: Die verschiedenen Erzählstränge der Wanderausstellung ‚Völlig losgelöst‘“ gegeben.

¹⁴ Der Blue Square ist ein Gebäude in der Innenstadt von Bochum, das für den Austausch zwischen Universität und Öffentlichkeit gestaltet ist (<http://blue-square.rub.de>).

Da die Leitmetapher den Erkenntnisprozess in den Vordergrund rückt, findet sie sich in vielen Modulen wieder, an denen Erkenntnisgewinnung thematisiert wird. Bevor die Strukturierung der Inhalte entlang eines Weges der Erkenntnisgewinnung beschrieben wird (s. 4.3.2), werden die fachlichen Inhalte der Ausstellung und ihre Aufbereitung beschrieben.

Exkurs: Die verschiedenen Erzählstränge der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“

Die Ausstellung arbeitet mit dem Prinzip der Erzählung als didaktischem Element. In der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ ist die Leitmetapher „Forschung ist wie eine Reise in ferne Welten“ die Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung aller weiteren Erzählstränge.

Es wird eine ästhetische Reise angeboten. Die Ausstellung steht nicht einfach im Raum. Sie ist in Flugkoffer inszeniert, die Assoziationen der Reise erwecken. Die farbliche Gestaltung der Ausstellung ist aus Aufnahmen des Lösevorgangs von Uranin in Wasser entstanden. Hier werden also fachliche Aspekte der Ausstellung in ästhetische Elemente umgesetzt. Ähnliches geschieht bei der Gestaltung der Fenster im Blue Square. Hier wurden große Aufnahmen des Lösevorgangs des solvatochromen Farbstoffs Reichardts Dye in unterschiedlichen Lösungsmitteln auf Stoffbahnen gedruckt. Schließlich ist an den Forschungsmodulen M5 bis M10 eine Lichtinstallation angebracht. Nähert sich ein Besucher einem Modul, ändert sich die Lichtfarbe von LEDs in Bodennähe. Hier wird ästhetisch der Lösevorgang im Teilchenmodell aufgegriffen.

Es wird eine Heldenreise angeboten. Graphisch spielt der Eingangscomic mit der Idee der Expedition in ferne Welten, insbesondere in den Weltraum (s. Abb. 7). Es sind Raumschiffe zu sehen auf einem nebulösen, in Grün- und Blautönen gehaltenen Hintergrund. Auch die Forscherinnen und Forscher sind in an Raumanzüge anmutenden Uniformen comichaft dargestellt. Diese Darstellung ist inspiriert von den Sketches of Science, bei denen Nobelpreisträger gemeinsam mit ihrer Forschung portraitiert werden (Amelin & Turner, 2012). Sie nimmt einerseits die Leitmetapher auf. Andererseits wird hier auch dem gängigen Klischee entgegengewirkt, dass Naturwissenschaftler und insbesondere Chemiker immer im Kittel arbeiten. Die Illusion wird dabei immer wieder durch explizite Hinweise auf das faktische Vorgehen im Rahmen der Forschung gebrochen. Die Inszenierung ist also angelehnt an Brecht'sches Theater. Besucher dürfen sich an der Illusion erfreuen, es sollen aber keine falschen Vorstellungen erzeugt werden.

Es wird eine fachliche Reise angeboten. Diese nimmt die Besucher einerseits mit auf die Wege der Erkenntnisgewinnung und andererseits in die fachliche RESOLV-Welt. Auch hier wird auf verschiedenen Ebenen erzählt: Durch sehr sachliche Texte, durch eher humorige *Fact Sheets*, durch Bilder, durch persönliche Gegenstände mit Geschichte, durch persönliche Statements und durch Videos.

Die vielschichtigen Erzählstränge innerhalb der Ausstellung sind ein Angebot an die Besucher. Sie können wahrgenommen werden oder auch nicht und je nach Wissen über die Hintergründe unterschiedlich rezipiert und interpretiert werden.

4.3.1 Didaktische Rekonstruktion und Umsetzung der fachwissenschaftlichen Inhalte von *Solvation Science*

4.3.1.1 Grundlagenwissen über Lösungen und Lösungsvorgänge

Zu den grundsätzlichen Inhalten über Lösungen und Lösungsvorgänge erfolgte die fachliche Klärung durch die einschlägige Literatur. Die Perspektive der Lernenden wurde durch empirische Studien zu Schülervorstellungen über Lösungen, Lösungsvorgänge und das Teilchenkonzept eingeschätzt. Selbstverständlich entsprechen die den Studien zugrundeliegenden Stichproben nicht den Besuchern von naturwissenschaftlichen Ausstellungen. Zu deren Vorstellungen zu chemischen Fachkonzepten liegen jedoch keine detaillierten Studien vor. Es wurde daher davon ausgegangen, dass das Fachwissen von Besuchern – insbesondere von jenen ohne weiteren naturwissenschaftlichen Hintergrund – dem von Schülern vergleichbar ist. Im Bereich des Grundlagenwissens über Lösungen und Lösungsvorgänge wurden zwei Bereiche didaktisch rekonstruiert:

1. Die Verwendung der Begriffe im Bereich Lösungen und Lösungsvorgänge,
2. Die Verwendung von Modellen im Bereich Lösungen und Lösungsvorgänge.

M2 „Lösungsvorgang“

M2 „Lösungsvorgang“ soll primär die Auseinandersetzung mit den Begriffen zu Lösungen und Lösungsvorgängen ermöglichen. Aus der Perspektive der Lernenden sind deutliche Unterschiede zwischen dem alltagssprachlichen Gebrauch von Begriffen und Redewendungen mit dem Morphem¹⁵ „lös“ (z.B. „ein Problem lösen“, „die Ablösesumme des Spielers“) und der fachsprachlichen Bedeutungen der Wörter „lösen“, „Lösung“, „zu lösender Stoff“, „Lösungsmittel“, „Lösungsvorgang“ festgestellt worden (Grüß-Niehaus, 2010; Kind, 2004;

¹⁵ Ein Morphem ist die kleinste sinn- bzw. funktionstragende Einheit der Sprache.

4.3 Konzeption und Umsetzung der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“

Taber, 2002). Aus Perspektive der Fachwissenschaft sind die Definitionen der „lös“-Begriffe in der Fachsprache eindeutig beschrieben (International Union of Pure and Applied Chemistry [IUPAC], 2009). So ist z.B. eine Lösung definiert als

A liquid or solid phase containing more than one substance, when for convenience one (or more) substance, which is called the solvent, is treated differently from the other substances, which are called solutes. When, as is often but not necessarily the case, the sum of the mole fractions of solutes is small compared with unity, the solution is called a dilute solution. (IUPAC Gold Book, “solution”)

Hier kann also das Spannungsfeld klar beschrieben werden. M2 geht explizit auf Alltags- und Fachsprache zu Lösungen ein und präsentiert das Thema phänomenologisch. Es werden den Redewendungen aus der Alltagssprache die wissenschaftlichen Verwendungen der Begriffe „lösen“, „Lösung“ und „Lösungsmittel“ gegenübergestellt. Außerdem werden die Begriffe an zwei Beispielen eingesetzt; dem Lösen von Zucker in Wasser und dem Lösen von Uranin in Wasser (letzteres wird durch Exponate auch gezeigt).

M3 „Wissenschaftliches Modell“

M3 „Wissenschaftliches Modell“ soll die Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Modellen grundsätzlich und speziell mit dem Teilchenmodell zur Erklärung von Lösungsvorgängen ermöglichen. Aus der Perspektive der Lernenden fehlt häufig ein adäquates Teilchenkonzept. Dadurch wird der Lösungsvorgang als Umwandlung des zu lösenden Stoffes in das Lösungsmittel oder als Schmelzen des zu lösenden Stoffes betrachtet (Grüß-Niehaus, 2010; Habelitz-Tkotz, 2006; Kind, 2004; Taber, 2002). Aus der Perspektive der Fachwissenschaft hat sich die theoretische und modellhafte Beschreibung von Lösungen und Lösungsvorgängen im Verlauf des 20. Jahrhunderts fortwährend verändert und ist weiterhin Gegenstand aktueller Forschung (Ben-Naim, 2013; Morgenstern, Havenith-Newen, Marx, & Muhler, 2015). Darüber hinaus beruhen bereits frühe Ansätze wie der Gitter-Ansatz von Eley (1939, 1944) oder der Eisberg-Ansatz von Frank und Evans (1945) auf Annahmen und Berechnungen zur Entropie und sind damit kaum anknüpfungsfähig an das Vorwissen nicht stark naturwissenschaftlich vorgebildeter Besucher. Das Spannungsfeld kann also nicht klar beschrieben werden. Darüber hinaus sind selbst aus fachwissenschaftlicher Sicht veraltete Modelle für Besucher kaum verständlich zu machen. Daher wurde entschieden das Teilchenmodell als grundsätzliches Modell zur submikroskopischen Betrachtung eines Lösungsvorgangs einzuführen. An M3 wird zunächst die prinzipielle Notwendigkeit eines Modells für die Erklärung natürlicher Phänomene thematisiert. So sollen Besucher darauf vorbereitet werden, dass in den RESOLV-Projekten weitere Modelle zur Anwendung kommen, die ebenfalls zwei zentrale Funktionen von Modellen er-

füllen: Erklären und vorhersagen. Das Teilchenmodell wird dann in einem Text durch Bilder und in einem Animationsvideo am Beispiel des Lösungsvorgangs von Salz in Wasser erläutert (<https://vimeo.com/161638560>).

4.3.1.2 RESOLV-Forschungsprojekte

Zu den Inhalten der RESOLV-Forschungsprojekte erfolgte die fachliche Klärung in enger Zusammenarbeit mit den Forscherinnen und Forschern. Hierzu wurden zunächst mit jedem Einzelnen Treffen durchgeführt, in denen eine Skizze eines Forschungsprojekts festgehalten wurde. Zu dieser Skizze wurden dann von Seiten der Forscher fachliche Texte mit entsprechender Literatur verfasst. Die Perspektive der Lernenden wurde dann vor allem durch eine sprachliche und konzeptionelle Arbeit eingenommen. Hier ging es darum, eine Sprache für die Texte zu entwickeln, die eine möglichst geringe Anzahl an Fachbegriffen verwendet und diese – soweit sie verwendet werden – definiert oder erläutert. Diese Aufbereitung der Texte erfolgte in iterativen Schleifen zwischen den Forscherinnen und Forschern, dem Autor dieser Arbeit und Anita Kuisle vom Büro für Technikgeschichte. Hier werden die Inhalte der Module nur skizziert. Die Struktur der Module wird ferner unter 4.3.2 näher erläutert.

M5 „Tanz des Wassers“ (Prof. Dr. Martina Havenith-Newen)

Modul 5 „Tanz des Wassers“ präsentiert ein Forschungsprojekt des Lehrstuhls für Physikalische Chemie II der RUB (Prof. Dr. Martina Havenith-Newen). In dem Projekt wird die Interaktion zwischen Wasser und Gefrierschutzproteinen antarktischer Polardorsche erforscht (Ebbinghaus et al., 2010). Der Ausgangspunkt dieser Forschung ist die Beobachtung, dass der Polardorsch (*Macropterus maculatus*) auch in unter Null Grad kaltem Wasser überlebt. In dem Forschungsprojekt wird unter anderem mittels Terahertz-Spektroskopie gezeigt, dass die Dynamik des Wassers durch an winzige Eiskristalle gebundene Gefrierschutzproteine beeinflusst wird.

M6 „Zauberhafter Zerfall“ (Prof. Dr. Andreas Erbe)

Modul 6 „Zauberhafter Zerfall“ präsentiert ein Forschungsprojekt der Arbeitsgruppe Grenzflächenspektroskopie des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung (Prof. Dr. Andreas Erbe¹⁶). In dem Projekt wird die Rolle von Sauerstoff bei der Korrosion erforscht (Nayak, Biedermann, Stratmann, & Erbe, 2013). Der Kontext dieser Forschung ist die Korrosion von Metallen (Erbe & Sarfraz, 2015). In dem Forschungsprojekt wird mittels elektrochemischer Experimente und Computersimulation gezeigt, dass die Reaktion des Sauerstoffs an der Ober-

¹⁶ Andreas Erbe hat seit Beginn der Konzeption einen Ruf an die *Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet* erhalten und angenommen.

4.3 Konzeption und Umsetzung der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“

fläche über sehr reaktionsfähige Intermediate in bestimmter geometrischer Anordnung verläuft. Außerdem spielt die Verfügbarkeit von Wasser eine wichtige Rolle (Nayak et al., 2013).

M7 „Täuschen und Tarnen“ (Prof. Dr. Frank Schulz)

Modul 7 „Täuschen und Tarnen“ präsentiert ein Forschungsprojekt der Arbeitsgruppe Chemie und Biochemie der Naturstoffe der RUB (Prof. Dr. Frank Schulz). In diesem Projekt wird die Synthese und Funktionsweise neuer Antibiotika erforscht (Bravo-Rodriguez et al., 2015; Klopries et al., 2015). Das Ziel dieser Forschung ist die Entwicklung neuer Antibiotika in Anlehnung an Naturstoffe vor dem Hintergrund sich kontinuierlich entwickelnder, resistenter Keime. In dem Forschungsprojekt wird die Rolle des Wassers bei der Bindung zwischen neu synthetisierten Antibiotika-Molekülen und dem Ribosom der Bakterienzelle betrachtet. Hier wird gezeigt, dass die Wassermoleküle Brücken zwischen den Liganden und den biologischen Makromolekülen ausbildet (Bravo-Rodriguez et al., 2015).

M8 „Einfach unberechenbar?“ (Prof. Dr. Dominik Marx und Prof. Dr. Lars Schäfer)

In Modul 7 „Einfach unberechenbar?“ wird ein etwas anderer Ansatz gewählt als in den anderen Modulen. Hier wird die Forschung des Lehrstuhls für Theoretische Chemie der RUB (Prof. Dr. Dominik Marx) und der Arbeitsgruppe Molekulare Simulation (Prof. Dr. Lars Schäfer) präsentiert. Anstatt den Inhalt eines bestimmten Forschungsprojekts zu präsentieren, wird die Methode der *Molecular Dynamics*-Simulation selbst thematisiert (Fisette, Pa, et al., 2016; Fisette, Wingbermhühle, Tampé, & Schäfer, 2016; McCammon, Gelin, & Karplus, 1977; Páll, Abraham, Kutzner, Hess, & Lindahl, 2015). Dies geschieht beispielhaft an der Simulation von Hühnereiweiß-Molekülen in Wasser und Ethanol. Hier wird gezeigt, dass die Simulation einzelner Moleküle in Wasser bzw. Ethanol zu unterschiedlichen Ergebnissen führt (Wasser: nativiert, Ethanol: denaturiert). Die Simulation mehrerer denaturierter Eiweißmoleküle in Ethanol führt zu einem „Verhaken“ der Moleküle, die die makroskopischen Beobachtungen (Trübung, Fällung) erklären kann.

M9 „Vermittler mit Einfluss“ (Prof. Dr. Martin Muhler)

Modul 9 „Vermittler mit Einfluss“ präsentiert ein Forschungsprojekt des Lehrstuhls für Technische Chemie der RUB (Prof. Dr. Martin Muhler). In diesem Projekt wird die Entwicklung und Funktionsweise von Katalysatoren für die Oxidation von Alkohol („Alkoxidation“) in wässriger Lösung erforscht (Camellone et al., 2013; Dong et al., 2015). Der Kontext dieser Forschung ist die Herstellung von Grundchemikalien durch „grüne Chemie“ (Kerton, 2009). In diesem Forschungsprojekt wird gezeigt, dass bestimmte Katalysatoren auf Gold-, Palladi-

um- und Platinbasis den Prozess der Alkoxidation unter Modellbedingungen katalysieren können.

M10 „Achtung, Rutschgefahr!“ (Prof. Dr. Axel Rosenhahn)

Modul 10 „Achtung, Rutschgefahr!“ präsentiert ein Forschungsprojekt der Arbeitsgruppe *Biointerfaces* der RUB (Prof. Dr. Axel Rosenhahn). In diesem Projekt wird die Entwicklung und Funktionsweise neuer, umweltfreundlicher Oberflächen zur Bekämpfung von *Biofouling* erforscht (Callow & Callow, 2011; Corbett & Koehler, 2003; Xiao et al., 2013). Der Kontext dieser Forschung ist der Bewuchs von Oberflächen in wässrigen Milieus (z.B. Schiffsrümpfe, Operationsbesteck) durch Organismen und dessen Auswirkungen auf die Funktionalität der Oberflächen (Baum, Siebers, Fleischer, & Meyer, 2004; Flemming & Wingender, 2001). Es wird erforscht, wie die hydrophoben bzw. hydrophilen Eigenschaften der Oberfläche so modelliert werden können, dass entweder ein Bewuchs von vorneherein verhindert oder dass selbstreinigende Eigenschaften erzielt werden.

4.3.2 Didaktische Rekonstruktion und Umsetzung der Prozesse der Erkenntnisgewinnung

Zur Erkenntnisgewinnung erfolgte die fachliche Klärung durch semistrukturierte Interviews mit den Forscherinnen und Forschern der einzelnen RESOLV-Forschungsprojekte (s. „Anhang II: Leitfaden-Interview mit RESOLV-Forscher“). Die Perspektive der Lernenden wurde durch die unter 2.1.2 und 2.1.3 beschriebene einschlägige Literatur berücksichtigt. Die Resultate wurden auf drei grundlegende Arten in didaktische Produkte umgesetzt: explizit, implizit und handlungsorientiert. Diese werden hier näher erläutert.

4.3.2.1 Explizit

Die explizite Darstellung der Erkenntnisgewinnung erfolgt insbesondere an den Modulen M1 „Einführung“, M3 „Wissenschaftliches Modell“ und M4 „Gemeinsame Mission“. An M1 werden textlich explizite Aussagen zur Erkenntnisgewinnung gemacht (Abb. 7). Auf dem Comic sind grundlegende Aussagen über den Forschungsprozess und seine Akteure zu lesen, z.B. „Bord-Instrumente: Ohne das richtige Werkzeug wird die Mission scheitern. Die Teams müssen sie umfassend beherrschen.“ oder „Umwege: Manchmal muss man komplizierte Umwege in Kauf nehmen.“ Diese Aussagen entsprechen in leicht lyrischer Formulierung einzelnen Aussagen zum Wissen über Erkenntnisgewinnung (vgl. 2.1.2). Damit sind sie von der formal-didaktischen Erarbeitung des Themas beeinflusst. In der Art ihrer Formulierung und Darbietung sind sie aber weiterhin für Besucher mit diversen Motiven potentiell ansprechend. In der ebenfalls in M1 präsentierten Themeneinführung wird Erkenntnisgewinnung wesent-

lich prosaischer und konkreter beschrieben. Besonders hervorgehoben wird hier, dass die vorgestellten fachlichen Projekte beispielhaft für moderne Forschung stehen. Dadurch wird einerseits das Universelle an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung explizit betont, aber durch die Vielfalt der Beispiele wird der Eindruck einer einzig wahren Methode vermieden.

Explizit wird Erkenntnisgewinnung auch an M3 „Wissenschaftliches Modell“ und M4 „Gemeinsame Mission“ thematisiert. Wie bereits beschrieben (vgl. S. 50) wird an M3 das Teilchenmodell als ein für die Beschreibung, aber auch für die Erforschung des Lösungsvorgangs wichtiges Modell eingeführt. Dies geschieht jedoch nicht unkommentiert, sondern es wird die Rolle von Modellen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess thematisiert. Außerdem wird ihr vorläufiger Charakter erwähnt. An M4 erfolgt eine gewisse Redundanz der in M1 getätigten Aussagen zur Erkenntnisgewinnung. Allerdings werden diese hier wieder prosaisch formuliert. Es wird betont, dass das Festlegen eines Erkenntnisinteresses wichtig ist, dass die Vielfalt an Methoden und Geräten in RESOLV dem gemeinsamen Erkenntnisinteresse dienstbar gemacht wird und dass die Kommunikation der Forscher untereinander entscheidend für die Erkenntnisgewinnung ist. Darüber hinaus wird die an der Erkenntnisgewinnung orientierte Struktur der folgenden Forschungsmodule M5 bis M10 für die Besucher offengelegt.

4.3.2.2 Implizit

Eine implizite Auseinandersetzung mit der Erkenntnisgewinnung erfolgt insbesondere an den sechs RESOLV-Forschungsmodulen M5 bis M10 zu Forschungsprojekten (Abb. 9). Auf jedem Modul finden sich zum Projekt

- eine Aufstellung mit Informationen über die Arbeitsgruppe (ein sogenanntes *Fact Sheet*)
- die leitende/r Forscher/in als Porträt mit einem Statement zu ihrer persönlichen Forschungsmotivation,
- eine allgemeine Einleitung in den Kontext des konkreten Forschungsprojekts,
- Forschungsfragen zum konkreten Projekt mit Erläuterungen,
- die Methoden, mit denen die Untersuchungen durchgeführt werden, ohne jedoch auf das genau experimentelle Design einzugehen
- die bisherigen Erkenntnisse inklusive noch offener Aspekte.

Diese Struktur ist dann mit den Inhalten des jeweiligen Forschungsprojekts ausgefüllt und mit Exponaten und Medien ergänzt.

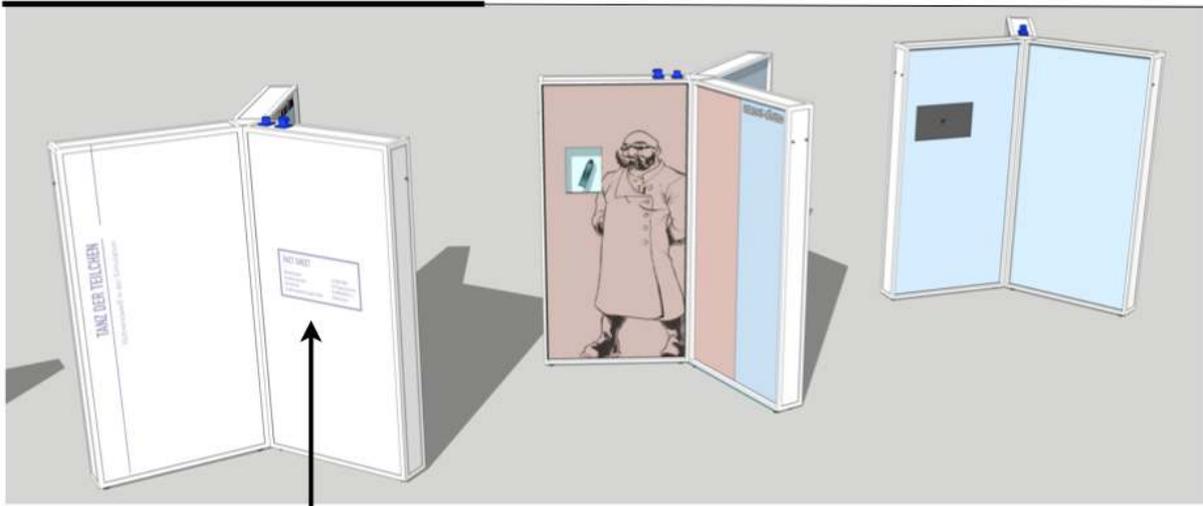


Abb. 9: Grundstruktur der RESOLV-Module M5 bis M10 (weiß: Titel und Fact Sheet, rot: Porträt des leitenden Forschers, blau: Projektinhalte; ©neonpastell)

Die konkrete Umsetzung kann beispielsweise am Modul „Zauberhafter Zerfall“ (vgl. S. 51) erläutert werden. Als persönliche Motive für seine Forschung nennt der leitende Forscher Prof. Dr. Andreas Erbe den Versuch, die Vielfalt der Welt in kleinsten Ausschnitten im Labor nachzustellen und begreifbar zu machen. In seinem Statement zu seiner Forschungsmotivation heißt es:

Ich habe großen Respekt vor der Vielschichtigkeit der natürlichen Welt. Wenn wir sie verstehen wollen, muss uns klar sein, dass unsere Experimente stets nur einen Ausschnitt aus dieser Vielfalt nachbilden.

In der allgemeinen Einleitung wird das Rosten als alltagsnahes Beispiel für die Korrosion vorgestellt. Hier wird in einem Video das *Evans-Drop-Experiment* gezeigt, um die Entstehung unterschiedlicher pH-Werte während der Korrosion zu visualisieren. Außerdem werden als Exponat Eisenstäbe in unterschiedlichen Medien (Luft, Wasser, Öl) gezeigt, um die Bedeutung von Wasser als Lösungsmittel hervorzuheben. Die zentrale Frage für das vorgestellte Projekt wird in einem eigenen Text benannt („Welche Rolle spielt der Sauerstoff bei der Korrosion?“) und erläutert. In einem weiteren Text wird der von der Forschungsgruppe verwendete Untersuchungsansatz beschrieben. Hier wird eine Kombination aus Elektrochemie, Spektroskopie und Computersimulation genutzt. In einem abschließenden Text werden die bisherigen Erkenntnisse dargestellt. Eine Erkenntnis der Gruppe liegt darin, dass der Sauerstoff in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit des umgebenden Wassers unterschiedliche Rollen einnehmen kann.

Die Struktur dieser Forschungsmodule ist zwar implizit, aber sie wird den Besuchern an Modul M4 „Gemeinsame Mission“ explizit offengelegt (vgl. S. 53). Dies ist zum einen der Versuch, den Erkenntnissen aus der fachdidaktischen Forschung zum Umgang von Lernenden

mit Erkenntnisgewinnung Rechnung zu tragen (vgl. 2.1.3). Hier wird immer wieder gezeigt, dass eine implizite Darstellung insbesondere in Kombination mit expliziten Hinweisen auf die zugrundeliegende Struktur zu Vermittlungserfolgen führt. Zum anderen ist es der Versuch, den persönlichen Bedürfnissen der Besucher nach Auswahl und Kontrolle (vgl. 2.2.2) gerecht zu werden. Durch die Offenlegung der Struktur können Besucher gezielt auswählen, ob sie dem Weg der Erkenntnisgewinnung an einzelnen Modulen folgen, einzelne Inhalte an unterschiedlichen Modulen im Vergleich betrachten oder ihren ganz eigenen Weg wählen möchten.

4.3.2.3 Handlungsorientiert

Die Umsetzung der RESOLV-Inhalte legt einen Fokus auf die Erkenntnisgewinnung sowohl auf inhaltlicher Seite als auch in der Struktur der Ausstellung und es kommen dabei Theorien und Modelle der Fachdidaktik und der Besucherforschung zur Anwendung. Dennoch bleiben die RESOLV-Forschungsprojekte für die Besucher die Betrachtung der Erkenntnisgewinnung Dritter. Um einen weiteren Zugang zur Erkenntnisgewinnung zu bieten wurde daher eine Experimentierstation entwickelt und erprobt. An dieser können die Besucher selbst zu Forschern werden und Erkenntnisgewinnung aus erster Hand erfahren. Die Konzeption, Pilotierung und Implementierung dieser Station wird nun beschrieben (s. 4.4).

4.4 Konzeption und Umsetzung der Experimentierstation „ECce!“

4.4.1 Konzeption

Die Experimentierstation ist ebenfalls unter Einbeziehung der drei Perspektiven Fachwissenschaft, Fachdidaktik und informeller Lernort konzipiert. Aus der Perspektive der Fachwissenschaft Chemie wurde die Prämisse gesetzt, dass ein inhaltlicher Bezug der Experimentierstation zum Thema Lösungsmittel und Lösungsvorgänge gegeben sein sollte. Aus der Perspektive der Fachdidaktik wurden die Prämissen gesetzt, dass die Teilnehmer Wissen und Fähigkeiten zur Erkenntnisgewinnung erlernen und anwenden können (vgl. 2.1.2) und dass die Vermittlungsmethodik an der Erkenntnisgewinnung orientiert sein soll (vgl. 2.1.4). Aus der Perspektive der Besucherforschung wurde die Prämisse gesetzt, dass die Teilnahme den persönlichen und soziokulturellen Kontext der Besucher in besonderer Weise berücksichtigen soll (vgl. 2.2.2). Als Gegenstand für die Experimentierstation wurde das Lösen einer Brausetablette in Wasser ausgewählt. Aus der Summe der drei Perspektiven ergibt sich auch der Name der Experimentierstation: ECce! – Erkenntnisgewinnung und Chemie, chemisch experimentieren („ecce!“ = „sieh da!“). Der schematische Ablauf der Experimentierstation „ECce!“ ist in Abb. 10 dargestellt.

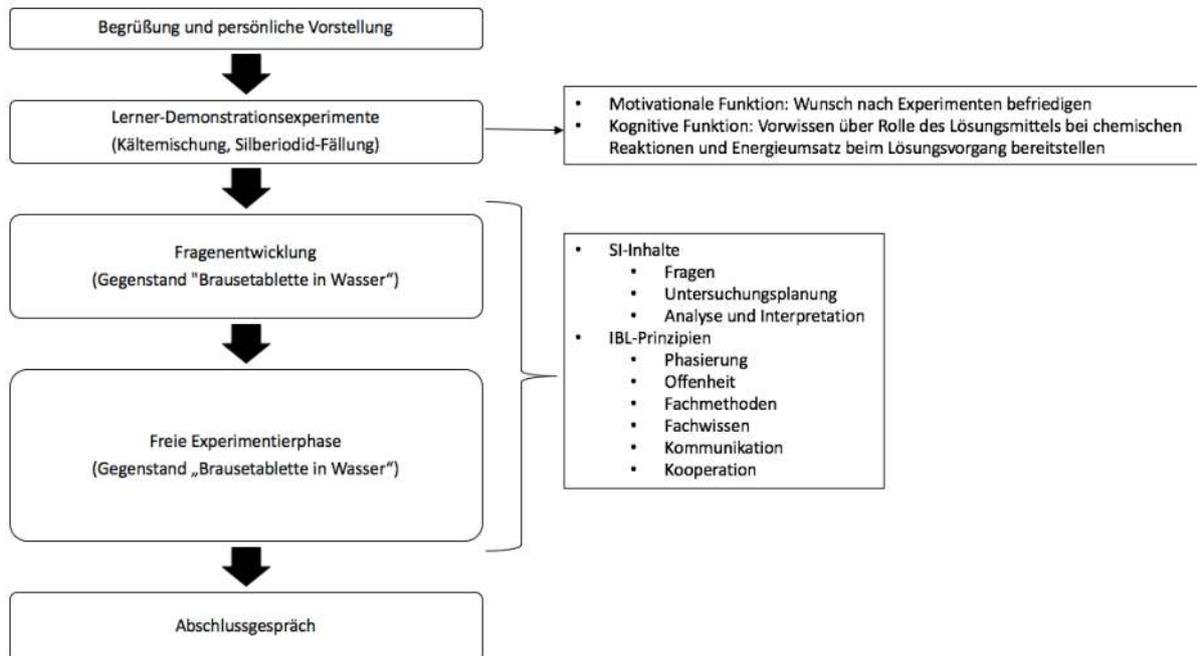


Abb. 10: Schematischer Ablauf der Experimentierstation „ECce!“

Aus fachlicher Perspektive ermöglicht der Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ Anknüpfungen an Lösungsmittel und Vorgänge in Lösung gegeben. Es finden diverse Lösungsvorgänge statt bzw. nicht statt: Die Hauptbestandteile Citronensäure, Natriumhydrogencarbonat und Calciumcarbonat werden in Wasser gelöst. Einige Nebenbestandteile (z.B. Stärke) wer-

den (fast) nicht in Wasser gelöst. In der Lösung finden Reaktionen statt (Citronensäure und Carbonate reagieren zu Kohlensäure; die gelöste Kohlensäure reagiert zu Kohlenstoffdioxid und Wasser). Bei den Lösungsvorgängen und den Reaktionen finden außerdem Energieumsätze statt. Zusätzlich werden durch die Lerner-Demonstrationsexperimente zwei spezifische fachliche Aspekte thematisiert. Mit dem Experiment zur Silberiodid-Fällung kann zunächst gezeigt werden, dass die beiden Feststoffe Kaliumiodid und Silbernitrat bei Vermischung keine erkennbare Reaktion zeigen. Werden die beiden Stoffe an unterschiedlichen Seiten in eine Petrischale mit destilliertem Wasser gegeben, so fällt in der Mitte eine Front aus zitronengelbem Silberiodid aus. Hier wird die Rolle des Lösungsmittels und der Lösung für die Ermöglichung von Reaktionen deutlich. Mit dem Experiment zur Kältemischung aus Kochsalz und Eiswasser wird der Energieumsatz beim Lösungsvorgang deutlich (Küster, 2008, S. 364).

Aus fachdidaktischer Perspektive ist von besonderer Wichtigkeit, dass der Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ viele für Lernende zugängliche Fragestellungen und Experimente ermöglicht (Abb. 11; Schmitt, 2016; Stäudel, 2007; van der Weer & de Rijke, 1994; Wilms, Kometz, & van der Weer, 2005; Wlotzka, 2016). Dies ermöglicht eine Vermittlung orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, bei der große Offenheit in der Phase der Fragestellung und in der Phase der Untersuchungsplanung möglich ist (vgl. 2.1.4). Darüber hinaus handelt es sich bei den Experimenten um solche, die mit relativ einfachen Apparaturen und unter größtmöglicher Vermeidung von Gefahrstoffen durchgeführt werden können.



Abb. 11: Fragen und mögliche Untersuchungen zum Gegenstand "Brausetablette in Wasser" (Layout: P. Janicki)

Aus der Perspektive der Besucherforschung erfüllt die Experimentierstation diverse Anforderungen des Kontext-Modells und der Implikationen aus der empirischen Forschung über die Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung (vgl. 2.1.3, 2.1.5, 2.2.2). Im persönlichen Kontext ist der Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ aus dem Alltag bekannt. Ferner ermöglicht er den Zugang für Besucher mit unterschiedlichem Vorwissen sowohl im Bereich Fachwissen als auch im Bereich Erkenntnisgewinnung (z.B. ist die Frage „Warum ändert sich die Temperatur?“ sehr leicht zu stellen, es ist aber schwierig ein passendes Experiment zur Frage nach der Ursache der Temperaturveränderung zu entwerfen). Im soziokulturellen Kontext ermöglicht der Aufenthalt an einer Experimentierstation die Interaktion mit der eigenen Gruppe. Darüber hinaus wurde festgelegt, dass die Besucher durch eine Lehrperson individuell betreut werden. So wird auch die Interaktion mit einem Experten ermöglicht.

Der konkrete Ablauf der Experimentierstation (Abb. 10) beginnt zunächst mit der Begrüßung und persönlichen Vorstellung. Hier stellt sich der Betreuer den Besuchern vor und erfragt deren Namen und unterhält sich kurz über die Interessen und den Hintergrund der Besucher. So soll einerseits eine Beziehung zwischen Betreuer und Besuchern aufgebaut werden, andererseits kann der Betreuer so eine erste Einschätzung über die Motive und eventuell auch über das Vorwissen der Besucher vornehmen.

Anschließend werden zwei Demonstrationsexperimente durchgeführt. Diese verfolgen wiederum zwei Ziele: 1. Es soll dem Wunsch der Besucher nach Experimenten sofort nachgekommen werden, um ihr Durchhaltevermögen für die folgenden Herausforderungen der Erkenntnisgewinnung zu stärken. 2. Es sollen zwei fachliche Konzepte eingeführt werden. Durch die Kältemischung aus Eis, Wasser und Salz wird eindrucksvoll gezeigt, dass Lösevorgänge mit Energieumsatz verbunden sind (Küster, 2008, S. 364). Durch die Fällung von Silberiodid aus Silbernitrat und Kaliumiodid in Lösung wird demonstriert, dass Stoffe, die ohne Lösungsmittel keine Reaktion zeigen, in wässriger Lösung reagieren (Schweda, 2012, S. 441). Auch bei den Demonstrationsexperimenten werden die Besucher so stark wie möglich in das Experimentieren und auch in die interpretativen Schritte eingebunden.

Mit der Fragenentwicklung beginnt dann der Teil der Experimentierstation, der konsequent nach den Prinzipien von Vermittlung orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung konzipiert ist. Die Aufgaben des Betreuers liegen primär darin, die Phasen des Forschungszyklus zu moderieren und auf Anfrage als fachlicher und fachmethodischer Experte bereitzustehen. Den Besuchern wird zunächst der Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ präsentiert. Die Besucher sollen mit allen Sinnen Beobachtungen anstellen und benennen, die der Betreuer auf einem Whiteboard festhält. Aus diesen Beobachtungen sollen die Besucher so viele Fragen wie möglich formulieren. Der Betreuer notiert auch diese Fragen und hilft gegebenenfalls bei der Verbesserung der Formulierungen. Wenn die Besucher keine neuen Fragen formulieren können oder wollen, leitet der Betreuer zu den individuellen Untersuchungen über.

Die individuellen Untersuchungen laufen prinzipiell nach der Phasierung der IBL-Vermittlungsmethode ab, die Besucher sollen jedoch größtmögliche Freiheiten haben. Als Fixpunkt wird von dem Betreuer auf die Fragestellung hingewiesen, die Besucher entscheiden jedoch frei, welche ihrer selbst gestellten Fragen sie untersuchen wollen (Abb. 11). Auch bei der Untersuchungsplanung sollen die Besucher möglichst innerhalb ihrer Gruppe Überlegungen anstellen und Entscheidungen treffen. Es ist gleichzeitig selbstverständlich, dass der Betreuer insbesondere fachmethodische Unterstützung gibt. Wenn die Besucher beispielsweise wissen, dass sie das Gas untersuchen wollen und entschieden haben, dass sie das Gas auffangen wollen, stellt der Betreuer diverse Geräte hierfür bereit. Wenn die Besucher keinerlei Ideen zur Planung haben, gibt der Betreuer Methode und Verfahren vor. So wird immer ausgehend von großer Offenheit den Besuchern stufenweise mehr Führung geboten. Auch bei der Interpretation der Untersuchungen erfolgt diese Unterstützung idealerweise gestuft. Die Besucher werden auf ihr möglicherweise vorhandenes Schulwissen hingewiesen oder es werden

Bezüge zu anderen Phänomen aus dem Alltag hergestellt. Wenn die Besucher keine befriedigende Interpretation erreichen, wird diese vom Betreuer ergänzt. Das Prinzip der Offenheit bedeutet eben nicht, dass die Besucher am Ende im Unklaren gelassen werden, sondern sie sollen die Möglichkeiten erhalten, die Probleme selbst zu stellen und zu lösen – mit der zusätzlichen Sicherheit, dass ihnen ein Experte zur Seite steht.

Wenn die Besucher keine Fragen mehr stellen oder keine Untersuchungen mehr durchführen wollen, führt der Betreuer ein abschließendes Gespräch, in dem die Forschungs- und Experimentiererfahrung mit den Besuchern reflektiert wird. In diesem Gespräch soll den Besuchern noch einmal bewusstwerden, was sie in den Bereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung erlebt und geleistet haben. Dies entspricht im Sinne der Lehr-Lern-Theorie einer Festigung des Gelernten. Im Sinne des Besuchererlebnisses soll Zufriedenheit der Besucher mit dem Erlebnis erzeugt werden.

4.4.2 Pilotierung

Die Experimentierstation wurde erstmals im ersten Quartal 2015 mit Studierenden des Studiengangs *Master of Education* an der Ruhr-Universität Bochum pilotiert. Diese Gruppe besitzt zwar vermutlich größere Kompetenz in den Bereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung und auch Experimentieren als viele Besucher informeller Lernumgebungen, allerdings waren sie als eine Gruppe zur ersten Pilotierung leicht zu rekrutieren und konnten durch ihre Lehramtsausbildung auch Einschätzungen zur Konzeption des Lehr-Lern-Arrangements geben. Diese Einschätzungen wurden formlos gesammelt. Grundsätzlich bewerteten die Studierenden das Konzept positiv. Ihre Anmerkungen führten zu einigen kleineren Veränderungen (z.B. Entwicklung einer leichter durchzuführenden Arbeitstechnik für das pneumatische Auffangen).

Eine zweite und umfangreichere Pilotierung erfolgte am 6. Juni 2015 im Rahmen der Blaupause zum 50-jährigen Jubiläum der Ruhr-Universität Bochum (Ruhr-Universität Bochum, 2015). Bei dieser Veranstaltung präsentierten sich die verschiedenen Bereiche der Ruhr-Universität auf einer 5-km-langen Festmeile einem Publikum von ca. 100.000 Menschen. Die Experimentierstation wurde zweimal aufgebaut und Besucher konnten nach vorhandener Kapazität teilnehmen. Auf diese Weise wurde die Experimentierstation also mit einem stärker der Zielgruppe entsprechenden Publikum pilotiert. Der Charakter der Veranstaltung sah eigentlich nur eine kurze Verweildauer an einzelnen Stationen vor. Hier zeigte sich aber, dass die Experimentierstation in der Lage war, Besucher zu einem längeren Verweilen zu bewegen. Es wurde außerdem festgestellt, dass die Mehrheit der vorgeschlagenen Fragen und Untersuchungen (Abb. 11) den Besuchern zugänglich waren. Mit dieser positiven Evaluation der

Pilotierung wurde die Entwicklung der Experimentierstation als vorläufig abgeschlossen betrachtet.

4.4.3 Implementierung in „Völlig losgelöst“

Basierend auf den Erfahrungen der Pilotierungen wurde die Experimentierstation in der oben beschriebenen Konzeption in die Ausstellung „Völlig losgelöst“ implementiert (vgl. 4.4.1). Dazu wurden zunächst im Oktober und November 2016 sechs wissenschaftliche Hilfskräfte in der Betreuung geschult. Sie wurden in mehreren Sitzungen theoretisch mit den fachlichen Grundlagen vertraut gemacht, in das didaktische Konzept eingeführt und erprobten die Betreuung der Experimentierstation praktisch. Im Rahmen der Ausstellungsperiode im BlueSquare Bochum wurde die Experimentierstation parallel drei- bzw. viermal angeboten, so dass Gruppen in der Konstellation, in der sie die Ausstellung besuchten, an der Experimentierstation teilnehmen konnten.

In Phasen großen Besucherandrangs wurde die vierte Experimentierstation in eine Demonstrationsstation umgewandelt. Hier wurden die Untersuchungen dann vom Betreuer mit einer größeren Gruppe von Besuchern durchgeführt und die Besucher wurden mit ihren Ideen und Fragen eingebunden. Diese Entscheidung wurde getroffen, um längere Wartezeiten zu vermeiden und Betreuern und Besuchern an den anderen Experimentierstationen eine ruhige und intensive Auseinandersetzung mit der Erkenntnisgewinnung zu ermöglichen. Von der Demonstrationsstation sind keine Daten für die empirische Untersuchung erhoben worden.

4.5 Zusammenfassung des konzeptionellen Teils

Die Konzeption der Ausstellung „Völlig losgelöst“ erfolgte nach einer veränderten Variante des Modells von Laherto (2013) zur Konzeption und Umsetzung naturwissenschaftlicher Ausstellungen (Abb. 4, Abb. 6). In der hier verwendeten Version des Modells erfolgt die Ausstellungsentwicklung in drei Phasen

1. Festlegung der Ziele der konkreten Ausstellung,
2. Entwicklung eines *exhibition brief*,
3. Konzeption und Umsetzung der konkreten Ausstellung.

Die Besucherperspektive wird durch das Kontext-Modell des informellen Lernens realisiert (vgl. 2.2.2). Die fachliche Perspektive wird durch die einschlägige Literatur und die Forscherinnen und Forscher aus RESOLV repräsentiert. Die Verknüpfung der Perspektiven des Faches und der Besucher/ Lernenden erfolgt durch die Nutzung des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997). Insgesamt erweist sich das nur theoretisch beschriebene Modell von Laherto (2013) als tragfähig, um die Prozesse in der tatsächlichen Konzeption und Umsetzung dieser Ausstellungsumgebung zu leiten und zu beschreiben.

Die Konzeption der Ausstellung erfolgte in Kooperation zwischen Forscherinnen und Forschern des RESOLV *Cluster of Excellence* EXC 1069, dem Lehrstuhl für Didaktik der Chemie der Ruhr-Universität Bochum und dem Unternehmen Neonpastell GmbH (4.1, 4.2, 4.3). Es wurden vier Ziele festgelegt.

Die Ausstellung soll ...

- ... an Naturwissenschaft interessierte Personen in der Breite ansprechen, d.h. keine Einschränkungen das Alter oder das Vorwissen bezüglich *Solvation Science* betreffend (Ziel 1),
- ... grundlegende Informationen über Lösungen und Lösungsvorgänge vermitteln (Ziel 2),
- ... Einblicke in einzelne Projekte von RESOLV geben (Ziel 3),
- ... Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit den Motiven für und den Prozessen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung geben (Ziel 4).

Dazu wurden unter der Leitmetapher „Forschung ist wie eine Expedition in ferne Welten“ die Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ und die Experimentierstation „ECce!“ konzipiert und umgesetzt.

Die Wanderausstellung ist modular aufgebaut und umfasst elf Module. Fachwissenschaftlich werden Grundlagenwissen zu Lösungsmitteln und Lösungsvorgang und insbesondere Inhalte aus sechs RESOLV-Forschungsprojekten präsentiert. Erkenntnisgewinnung wird in der ge-

samten Ausstellung auf verschiedene Arten und Weisen dargestellt: explizit, implizit und handlungsorientiert (s. 4.3.2).

- Explizite Darstellungen finden sich insbesondere an den Modulen M1, M3, M4 und M11. Hier werden allgemeine Aussagen zu Prozessen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gemacht und/ oder diese an Beispielen aus RESOLV illustriert.
- Implizit wird so insbesondere an den RESOLV-Forschungsmodulen M5 bis M10 vorgefahren. Diese folgen in ihrer Struktur einem idealisierten Forschungszyklus.
- Handlungsorientiert geschieht die Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung an der Experimentierstation „ECce!“ (s. 4.4).

Die Experimentierstation „ECce!“ ist rund um den Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ konzipiert (Abb. 10, Abb. 11). Sie ermöglicht den Besuchern eine eigenständige Auseinandersetzung mit Inhalten der Erkenntnisgewinnung anhand einer Vermittlung orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Sie ermöglicht die Interaktion der Besucher untereinander und mit einem Betreuer. Auf fachlicher Seite ermöglicht die Experimentierstation die Auseinandersetzung mit Grundlagenwissen im Bereich Lösungsmittel, Lösungsvorgänge und Vorgänge in Lösung. Damit erfüllt sie aus allen drei Perspektiven (Fach, Fachdidaktik, Besucherforschung) eine wichtige Rolle in der Ausstellung. Die Experimentierstation wurde in zwei Umgebungen pilotiert und schließlich in der Ausstellung in bewährter Form implementiert.

Damit sind von konzeptioneller Seite möglichst gute Voraussetzungen für ein Lernen der Besucher über und durch naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung am informellen Lernort geschaffen, ohne die Besucher in zu großem Maße in ihrer Besuchsgestaltung einzuschränken. Der Zugang bleibt weiterhin für alle Besucher offen. Die Gestaltung des Besuchs an sich bleibt den Besuchern weitestgehend selbst überlassen.

Im Kapitel „5 Empirischer Teil“ wird nun die empirische Untersuchung an der Experimentierstation „ECce!“ während des ersten Ausstellungszeitraums im Blue Square Bochum im Januar und Februar 2016 beschrieben und diskutiert.

5 Empirischer Teil

5.1 Forschungsfragen

Erkenntnisgewinnung ist ein aus normativer Perspektive wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung (OECD, 2013; Roberts & Bybee, 2014). Allerdings zeigen empirische Studien, dass sowohl im Bereich des Wissens über als auch der Kompetenz zur Erkenntnisgewinnung Lernende Probleme in der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung aufweisen (u.a. Arnold et al., 2014; Chin & Osborne, 2008a; Chinn & Brewer, 1998; Hammann et al., 2007; Hofstein et al., 2005; Toth et al., 2002). Eine erfolgreiche Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung soll begünstigt werden durch die gezielte Auswahl von Vermittlungsinhalten zu Wissen und Fähigkeiten der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (vgl. 2.1.3) und durch den gezielten Einsatz von Vermittlungsmethoden orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (vgl. 2.1.5; u.a. Lazonder & Harmsen, 2016; Rönnebeck et al., 2016). Beide Prinzipien liegen der Experimentierstation „ECce!“ zugrunde (vgl. 4.4.1). Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, das Lehr-Lern-Verhalten der Probanden an der Experimentierstation mit einem besonderen Fokus auf die Erkenntnisgewinnung zu untersuchen. Dies soll durch die Bearbeitung folgender Forschungsfragen ermöglicht werden:

1. Welche Voraussetzungen besitzen die Probanden im Bereich naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung?
2. Welche Verhaltensmuster lassen sich auf Makro-, Meso- und Mikro-Ebene bei der Auseinandersetzung der Probanden mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ identifizieren?
3. Welche Aussagen machen die Probanden zu ihrem eigenen Verhalten an der Experimentierstation „ECce!“?
4. Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen ausgewählten Prädiktoren und dem Verhalten der Probanden an der Experimentierstation feststellen?

Forschungsfrage 1:

Welche Voraussetzungen besitzen die Probanden im Bereich naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung?

Diese Forschungsfrage zielt auf die Erfassung der Voraussetzungen der Probanden im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ab. Es soll geklärt werden,

- über welche Voraussetzungen die Probanden in den einzelnen Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung verfügen,
- welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Voraussetzungen der Probanden bestehen.

Diverse Studien legen nahe, dass auch empirisch zwischen Wissen und Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung unterschieden werden kann (u.a. Lederman et al., 2014; Rönnebeck et al., 2016). Daher wird zwischen Kompetenzen und Wissen im Bereich Erkenntnisgewinnung unterschieden. Darüber hinaus lässt sich empirisch belegen, dass zwischen einzelnen Teilbereichen (Fragen, Hypothese, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation) der Erkenntnisgewinnung differenziert werden kann (z.B. Grube, 2010; Wellnitz et al., 2012).

Forschungsfrage 2:

Welche Verhaltensmuster lassen sich auf Makro-, Meso- und Mikro-Ebene bei der Auseinandersetzung der Probanden mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ identifizieren?

Diese Forschungsfrage zielt auf eine möglichst umfassende Erfassung des Lehr-Lern-Verhaltens der Probanden bei der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung an der Experimentierstation ab. Das Verhalten wird dabei durch die Kombination verschiedener Daten aus der Kommunikation der Probanden abgeleitet (s. 5.2.1). So sollen mögliche Verhaltensvarianten systematisch beschrieben werden. Um eine differenzierte und fokussierte Betrachtung zu ermöglichen, soll das Verhalten nach Makro-, Meso- und Mikro-Ebene differenziert betrachtet werden (Abb. 12).

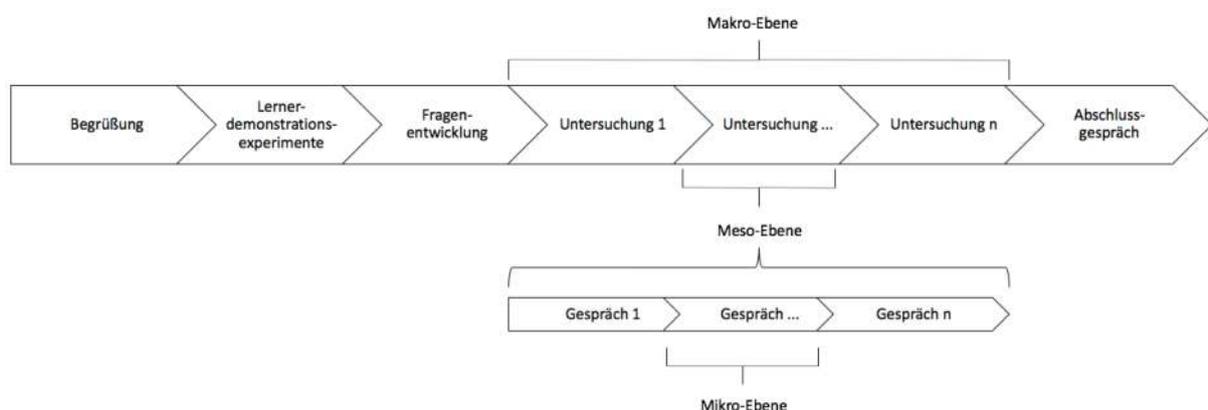


Abb. 12: Verlaufsschema der Experimentierstation mit Betrachtungsebenen

Als Makro-Ebene wird im Rahmen dieser Arbeit die gesamte freie Experimentierphase an der Experimentierstation definiert (vgl. 4.4.3). Hier soll insbesondere betrachtet werden, wie die Probanden Fragestellungen und Untersuchungen miteinander verknüpfen.

Als Meso-Ebene wird im Rahmen dieser Arbeit eine einzelne Untersuchung während der freien Experimentierphase definiert. Hier soll insbesondere betrachtet werden, wie die chronologische Abfolge der Gespräche über die in dieser Arbeit betrachteten Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung (Frage, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation) gestaltet ist. Dies soll Einblicke darin geben, inwiefern das Verhalten an einem idealisierten Forschungszyklus orientiert ist (Abb. 1). Außerdem sollen die Kommunikationsmuster bei einzelnen Untersuchungen über alle Gruppen hinweg und über verschiedene Untersuchungen hinweg verglichen werden.

Als Mikro-Ebene werden im Rahmen dieser Arbeit Gespräche über einzelne Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung definiert. Ein Gespräch beginnt, wenn über einen Teilbereich gesprochen wird und endet, wenn über etwas anderes gesprochen wird. Die Betrachtung der Mikro-Ebene gibt Aufschluss über Qualität und Quantität der einzelnen Gespräche.

In der Aufarbeitung der Daten ist ein ständiger Wechsel zwischen den verschiedenen Ebenen notwendig. Die Strukturen auf Meso-Ebene können nur identifiziert werden, wenn eine Kodierung auf Mikro-Ebene stattgefunden hat. Gleichzeitig ist die Qualität und Quantität einer Kodierung auf Mikro-Ebene nur von geringer Bedeutung ohne Bezug zu ihrer Stellung auf der Meso- oder sogar Makro-Ebene. Das Vorgehen bei der Auswertung ist im Detail unter 5.2.4 dargestellt. Entsprechend des vorliegenden *Mixed-Methods*-Ansatzes findet dabei immer eine Integration der Daten zur Beantwortung der globalen Forschungsfrage statt (vgl. 5.2.1, 5.5.1).

Forschungsfrage 3:

Welche Aussagen machen die Probanden zu ihrem eigenen Verhalten an der Experimentierstation „ECce!“?

Die Forschungsfrage 3 zielt insbesondere auf eine Triangulation des beobachteten Verhaltens mit einem Selbstbericht der Probanden ab. Hier werden zwei Bereiche für den Selbstbericht der Probanden besonders fokussiert. Einerseits soll betrachtet werden, wie die Probanden ihre Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung als den der Experimentierstation „ECce!“ zugrundeliegenden Vermittlungsinhalt wahrnehmen (vgl. 4.4.1). Andererseits soll geklärt werden, wie die Probanden ihre Kommunikation und Kooperation als

wichtige Bestandteile der der Experimentierstation „ECce!“ zugrundeliegenden Vermittlungsmethodik einschätzen (vgl. 4.4.1).

Forschungsfrage 4:

Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen ausgewählten Prädiktoren und dem Verhalten der Probanden an der Experimentierstation feststellen?

Die Forschungsfrage 4 ist ebenfalls triangulierend zu Forschungsfrage 2 gestellt. Hier sollen soziodemographische, kognitive Prädiktoren und Prädiktoren aus der Selbsteinschätzung genutzt werden, um mögliche Zusammenhänge mit dem Verhalten der Probanden zu identifizieren, die sich nicht direkt aus der Konzeption und den Inhalten der Experimentierstation ergeben.

5.2 Methode

5.2.1 Design

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, das Lehr-Lern-Verhalten der Probanden an der Experimentierstation mit einem besonderen Fokus auf die Erkenntnisgewinnung zu untersuchen. Es sollen die Voraussetzungen der Besucher, ihr Verhalten an der Experimentierstation und Selbstberichte zu ihrem eigenen Verhalten erfasst werden. Die vorliegende Studie ist nach einem *Mixed-Methods-Design* konzipiert (Abb. 13) und beinhaltet sowohl qualitative als auch quantitative Daten (Cresswell, 2014). Durch den *Mixed-Methods-Ansatz* kann die Lehr-Lern-Situation an der Experimentierstation umfassender erfasst werden. Es wurde eine Datenvielfalt durch das Pre-Interview, die Audioaufnahme der Kommunikation an der Station und das Post-Interview erzielt (vgl. 5.2.3). Diese Daten erlauben sowohl einen Zugang zu der inhaltlichen Auseinandersetzung (naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, Fachinhalte) der Probanden als auch einen Zugang zu den persönlichen und soziokulturellen Aspekten des Erlebnisses am informellen Lernort der Ausstellung „Völlig losgelöst“.

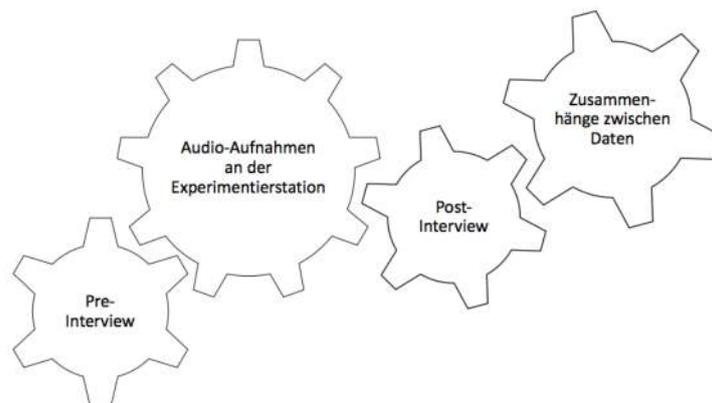


Abb. 13: Bestandteile des *Mixed-Methods-Designs*

5.2.2 Stichprobe

Alle Daten wurden im Januar und Februar 2016 im Blue Square Bochum in der Ausstellung „Völlig losgelöst“ im Rahmen der regulären Öffnungszeiten erhoben. Die Ausstellung war täglich von 10 bis 18 Uhr geöffnet. Die Experimentierstation wurde samstags von 11 bis 17 Uhr und sonntags von 11 bis 15 Uhr betreut. Grundsätzlich wurden alle Besucher, die an der Experimentierstation experimentieren wollten, um eine Teilnahme an der Studie gebeten. Es wurde keine Statistik darüber geführt, wie viele Teilnehmer der Experimentierstation die Teilnahme an der Studie ablehnten, es handelt sich jedoch sicherlich um einen geringen Anteil. Eine Teilnahme an der Experimentierstation war auch ohne Teilnahme an der Studie möglich und Teilnehmer an der Studie wurden nicht bevorzugt behandelt. Insgesamt wurden

die Daten von N = 155 Probanden (Alter (MEAN) = 28,38 Jahre (SD = 17,08), Alter (MIN) = 4 Jahre, Alter (MAX) = 80 Jahre, weiblich = 49,70%, männlich = 50,30%) in n = 64 Gruppen (Anzahl Personen (MEAN) = 2,42 (SD = 0,869), Anzahl Personen (MIN) = 1, Anzahl Personen (MAX) = 5) erhoben.

Wird zunächst das Alter der Probanden betrachtet, zeigt sich, dass die Probanden im Durchschnitt mit 28,38 Jahren jünger sind als die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland mit 45,8 Jahren im Vergleich (Statistisches Bundesamt, 2015). 34,2% (Vergleich: 18%) der Probanden sind unter 20 Jahre, 64,4% (Vergleich: 61%) der Probanden sind zwischen 20 und 64 Jahre alt und nur 3,2% (Vergleich: 21%) der Probanden sind über 64 Jahre alt. Damit ist die Gruppe der älteren Menschen (64+ Jahre) stark unterrepräsentiert, während die Gruppe der jüngeren Menschen (<20 Jahre) stark überrepräsentiert ist.

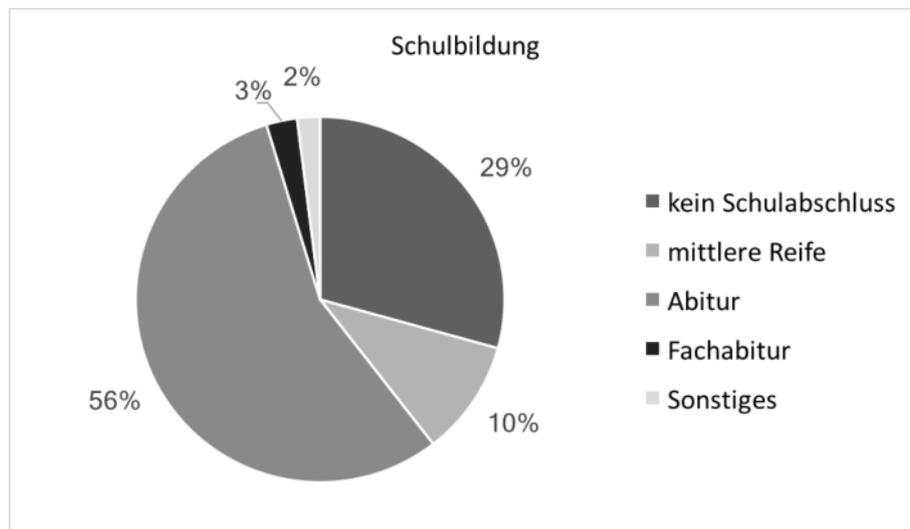


Abb. 14: Schulbildung der Probanden (n = 155)

Wird die Schulbildung (Abb. 14) und weitere Bildung der Probanden betrachtet, wird deutlich, dass die Gruppe der Schüler und die Gruppe der gut gebildeten Probanden im Vergleich zum Anteil in der bundesdeutschen Bevölkerung überwiegen. 29,2% der Probanden befinden sich noch (oder im Falle einiger weniger Kindergartenkinder noch nicht) in der primären oder sekundären Schulbildung (Vergleich: 13,6% (Statistisches Bundesamt, 2017b)). Über die Hälfte der Probanden (55,8%, Vergleich: 29,5% (Statistisches Bundesamt, 2017a)) besitzt eine Hochschulreife. Darüber hinaus absolvierten 48,4% der Probanden ein Studium oder hatten bereits ein Studium absolviert (Vergleich: 19% (Statistisches Bundesamt, 2017, 2017)).

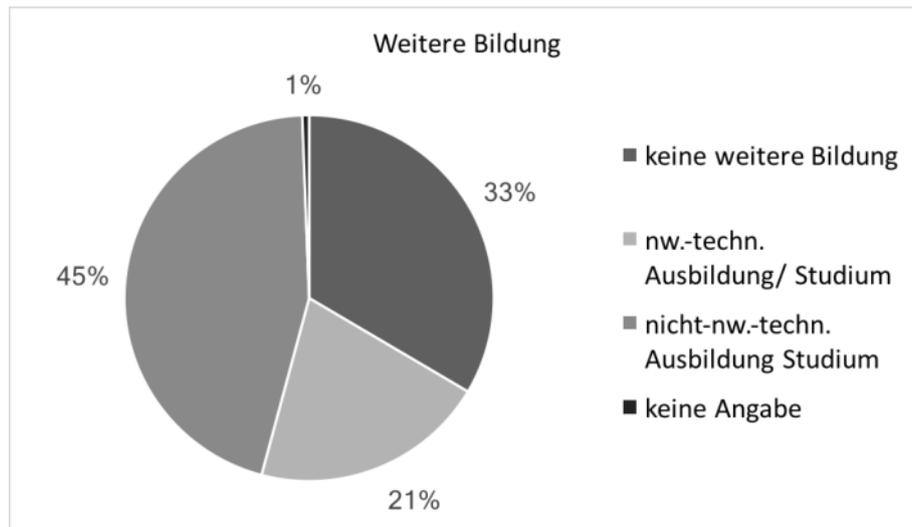


Abb. 15: Weitere Bildung der Probanden (unterschieden nach naturwissenschaftlich-technischer Bildung) (n = 155)

Allerdings zeigen sowohl Einordnung der weiteren Bildung als auch der aktuellen Tätigkeit nach (nicht-) naturwissenschaftlich-technischen Gruppen (Abb. 15, Abb. 16), dass die Gruppe der naturwissenschaftlich-technisch gebildeten Probanden nicht überdurchschnittlich repräsentiert ist (Bundesagentur für Arbeit, 2016). 20,6% aller Probanden bzw. 31,3% aller Probanden mit einer über die Schulbildung hinausgehenden Bildung besitzen eine Bildung mit naturwissenschaftlich-technischem Hintergrund. Nur 19,4% aller Probanden gehen aktuell einer naturwissenschaftlich-technischen Tätigkeit nach.

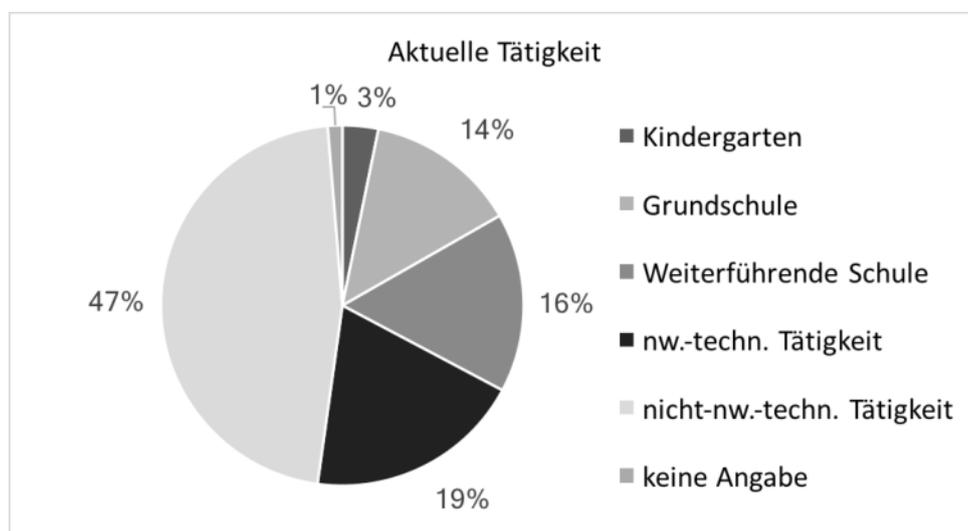


Abb. 16: Aktuelle Tätigkeit der Probanden (unterschieden nach naturwissenschaftlich-technischer Tätigkeit) (n = 155)

Insgesamt zeigen sich über alle Probanden hinweg also drei bemerkenswerte Trends. Die Gruppe der unter 20-jährigen ist stark überrepräsentiert. Die Gruppe der Personen mit Hochschulreife ist überrepräsentiert. Es gibt keine auffällige Repräsentation von Personen mit naturwissenschaftlich-technischer Bildung bzw. solchen Tätigkeiten.

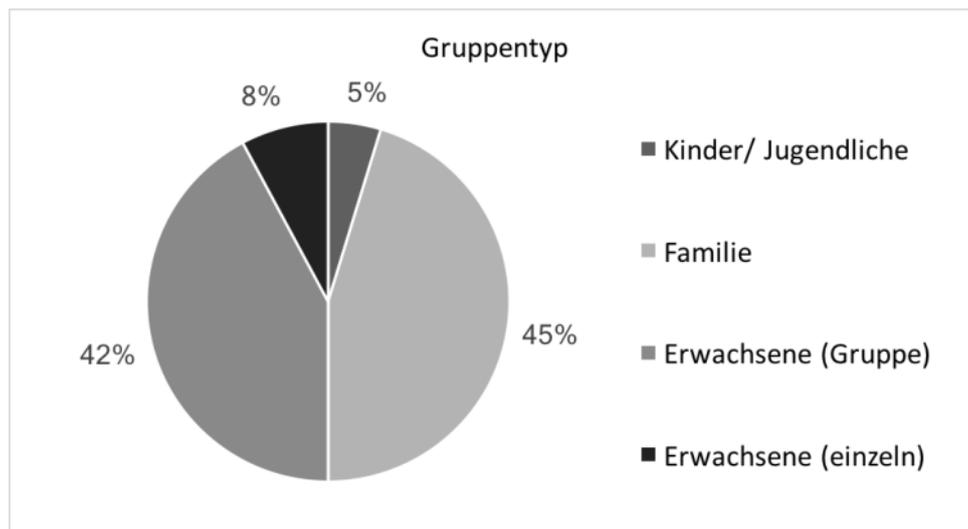


Abb. 17: Verteilung der Gruppen auf die unterschiedlichen Gruppentypen (n = 64)

Betrachtet man nun die Zusammensetzung der Gruppen noch einmal im Detail, zeigt sich, dass zwei Arten von Gruppen überwiegend vertreten sind (Abb. 17). 45,3% (n = 29) aller Gruppen sind Familien mit Kindern. 42,2% (n = 27) aller Gruppen sind reine Erwachsenen-Gruppen. Als weitere Typen tauchen reine Minderjährigen-Gruppen (4,7%, n = 3) und erwachsene Einzelpersonen (7,8%, n = 5) auf. Die Gruppen bestehen aus zwei bis vier Personen mit Ausnahme der Einzelpersonen und einer Gruppe aus fünf Personen. Die Gruppen verteilen sich zu ähnlichen Anteilen auf die sechs Betreuerinnen und Betreuer (Abb. 18).

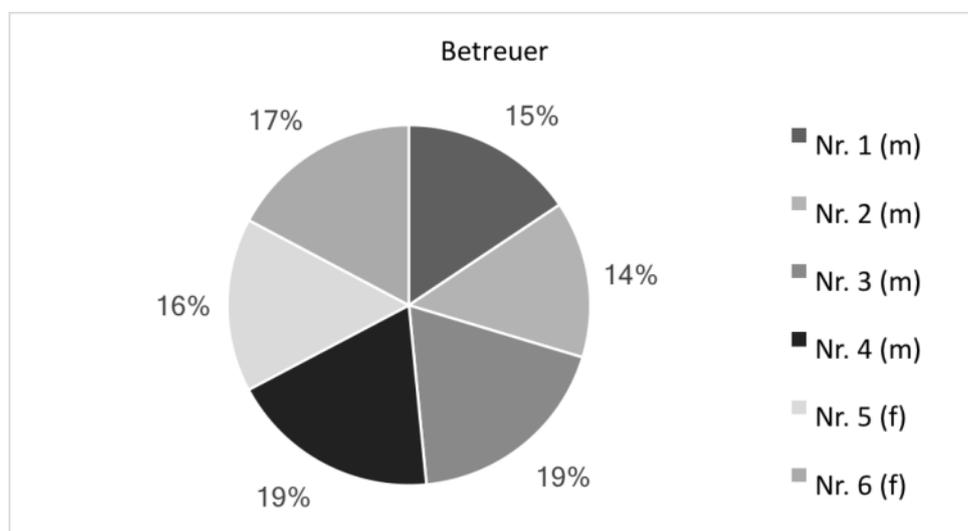


Abb. 18: Verteilung der Gruppen auf die sechs Betreuer (n = 64; f = weiblich, m = männlich)

In nahezu allen Gruppen geben ein oder mehrere Gruppenmitglieder an, über experimentelle Vorerfahrungen zu verfügen (Abb. 19). Ein Drittel der Gruppen (n = 23; 38,3%) gibt an, die Vorerfahrung aus dem formalen Sektor zu besitzen. Ebenfalls ein Drittel besitzt Vorerfahrungen aus verschiedenen Sektoren (n = 20; 33,3%). Nur wenige Gruppen geben an ausschließlich Experimentiererfahrung aus dem non-formalen (n = 7; 11,7%) oder informellen (n = 6;

10,0%) Sektor oder keine Experimentiererfahrung (n = 4; 6,7%) zu besitzen. Vier Gruppen haben keine Angaben zu ihrer Vorerfahrung gemacht.

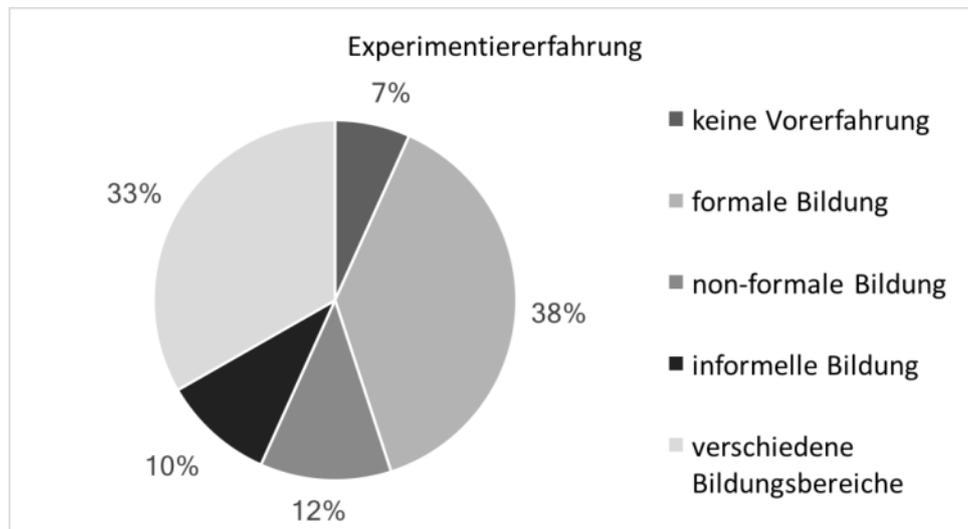


Abb. 19: Experimentelle Vorerfahrung der Gruppen (n = 60)

5.2.3 Datenerhebung

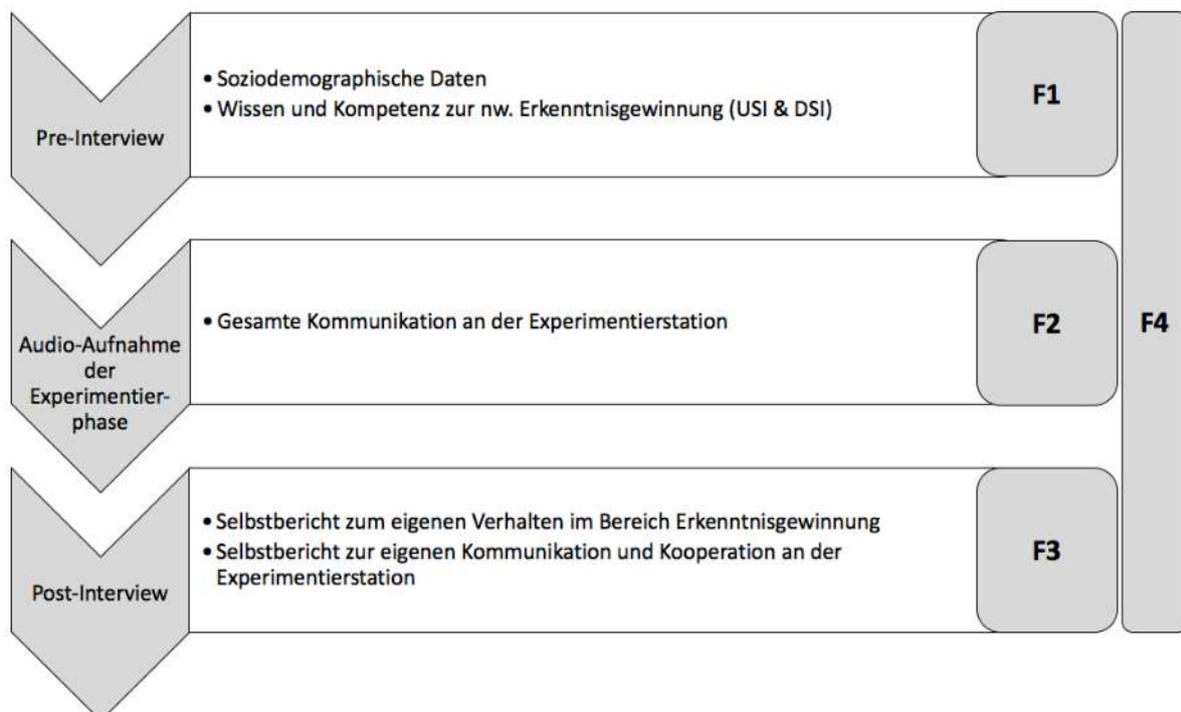


Abb. 20: Ablauf der Datenerhebung inklusive Inhalten der einzelnen Schritte und Zuordnung zu den Forschungsfragen

Die Datenerhebung erfolgte in drei Abschnitten (Abb. 20). Zunächst wurden die Probanden von einem Interviewer (in der Regel der Autor dieser Studie) um die Teilnahme an der Studie gebeten und über die Verwendung der Daten inklusive der Zusicherung von Anonymität aufgeklärt. Wenn die Probanden einwilligten, wurde einem Probanden der Gruppe ein Diktierge-

rät mit Mikrofon angesteckt und die Aufnahme gestartet. Dann wurde die gesamte Gruppe zunächst anhand des Pre-Interviewleitfadens interviewt (s. S. 74). Anschließend wechselte die Gruppe an die eigentliche Experimentierstation, durchlief die Abläufe dort wie in 4.4.1 bzw. Abb. 10 beschrieben und wurde dabei audiographiert (s. S. 75). Wenn die Gruppe die Experimentierstation beendete, wurde sie von dem Betreuer der Experimentierstation anhand des Post-Interviewleitfadens interviewt (s. S. 75). Abschließend wurde den Probanden als Dank für die Teilnahme ein Set zum Selbstbau eines Textmarkers im Wert von ca. 1 Euro überreicht. Alle Betreuerinnen und Betreuer der Experimentierstation wurden im Vorfeld der Studie in allen Bereichen der Datenerhebung geschult.

5.2.3.1 Pre-Interview

Das Pre-Interview wurde entwickelt mit den Zielen, a) die soziodemographischen Daten der Besucher zu erfassen und b) ihr Wissen und ihre Kompetenz zur Erkenntnisgewinnung zu erfassen. Es ist ein Leitfadeninterview (s. „Anhang III: Pre-Interview-Leitfaden“) bestehend aus zwei Teilinterviews (Helfferich, 2011; Mayer, 2009; Reinders, 2011). Im ersten Teil werden die soziodemographischen Daten jedes Teilnehmers individuell erfasst. Hierzu zählen Alter, Geschlecht, Schulbildung, weitere Bildung und aktuelle Tätigkeit. Im zweiten Teil werden Wissen und Kompetenz zur Erkenntnisgewinnung von der gesamten Gruppe erfasst. Es wurde entschieden, dass eine gemeinsame Teilnahme aller Probanden einer Gruppe gleichzeitig an dem Interviewteil legitim ist, da die Voraussetzungen der Gruppe für die gemeinsame Teilnahme an der Experimentierstation und nicht individuelles Vorwissen oder Vorstellungen erfasst werden sollten. Das Interview wurde entwickelt basierend auf einem bestehenden Interview über Erkenntnisgewinnung und einer Aufgabe aus der Überprüfung des Bildungsstandards Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie (Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen [IQB], 2014; Lederman et al., 2014; Lederman, Bartels, Lederman, & Gnanakkan, 2013). Das *Young Children's Views of Science-Interview* (YCVS) wurde von Lederman et al. entwickelt, um Wissen und Kompetenz zu Erkenntnisgewinnung und der Natur der Naturwissenschaften zu erfassen. Aus dem YCVS wurden zwei Fragenkomplexe (Helikopter-Item, Vogel-Item) ausgewählt, die besonders den Bereich Erkenntnisgewinnung erfassen. Aus einer Aufgabe im IQB-Test zum Kontext Brausetabletten wurde ein Fragenkomplex erarbeitet (Brausetabletten-Item). Der zweite Teil des Pre-Interviews erlaubt den Probanden somit in drei unterschiedlichen Kontexten (Physik, Biologie, Chemie) über Erkenntnisgewinnung zu sprechen. Der zweite Teil des Pre-Interviewleitfadens wurde mit $n = 23$ Studierenden des *Master of Education* (ein Fach Chemie, weitere Fächer beliebig) der RUB pilotiert (Strippel & Sommer, 2015). Die Analyse der

Daten zeigte, dass die gewünschten Inhalte zur Erkenntnisgewinnung in den Daten identifiziert werden können und sich nicht signifikant von mit einem Fragebogen erhobenen Daten unterscheiden. Damit wurde der Pre-Interviewleitfaden als für die Zwecke der Datenerhebung im Kontext der Ausstellung geeignetes und valides Instrument befunden.

5.2.3.2 Audioaufnahme der Experimentierphase

Die Audioaufnahmen wurden mit dem Ziel gemacht, die Kommunikation der Probanden untereinander und mit dem Betreuer in zeitlicher Abhängigkeit und in ihrer originalen Diskursstruktur zu erfassen. Audioaufnahmen sind hierzu ein geeignetes Mittel (Lehesvuori, Viiri, Rasku-Puttonen, Moate, & Helaakoski, 2013). Es wurde bewusst darauf verzichtet, wie in anderen Projekten zum Experimentieren Videoaufnahmen zu machen (z.B. Gerling, Wegner, & Tiemann, 2014). Aufgrund des informellen Lernortes, der Öffentlichkeit der Veranstaltung und der spontanen Anfrage zur Teilnahme an der Studie hätte dies vermutlich zu einer geringen Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie geführt. Außerdem liegt der Schwerpunkt dieser Studie auf den sprachlichen Inhalten der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung und nicht auf z.B. den manuellen Fähigkeiten beim Experimentieren. Ferner sind die Abläufe an der Experimentierstation aus der Konzeption gut bekannt, sodass aus der Kommunikation auch auf die Handlungen geschlossen werden kann. Schließlich hat sich die Einschätzung der Handlungen anhand von Audioaufnahmen auch in anderen Projekten bewährt (Efing & Sommer, 2017).

5.2.3.3 Post-Interview

Das Post-Interview wurde mit den Zielen entwickelt, a) einen Selbstbericht der Besucher über ihr Verhalten im Bereich Erkenntnisgewinnung an der Experimentierstation zu erhalten und b) eine Einschätzung der Probanden zu Konzept und Umsetzung der Experimentierstation an sich zu erhalten. Es handelt sich erneut um ein Leitfadeninterview (Helfferich, 2011; Mayer, 2009; Reinders, 2011). Dieses Interview wurde vollständig neu entwickelt und ist eng auf die Experimentierstation zugeschnitten (s. „Anhang IV: Post-Interview-Leitfaden“). Als Einstiegsfrage werden die Probanden nach ihrem favorisierten Erlebnis an der Experimentierstation gefragt. So wird erstens ein für die Probanden angenehmer Einstieg in das Interview ermöglicht. Zweitens werden erste Daten zur Evaluation des Lehr-Lern-Arrangements gewonnen. Anschließend werden die Probanden zu den drei in dieser Studie betrachteten Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung (Fragestellung, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation) und ihrer Einschätzung ihres eigenen Umgangs mit diesen Bereichen befragt. Außerdem werden sie zur Einschätzung der Kommunikation und Kooperation innerhalb ihrer

Gruppe befragt. Diese Daten dienen insbesondere der Triangulation der verhaltensbasierten Daten aus den Audioaufnahmen. Als Ausstiegsfrage werden die Besucher um die Benennung ihrer letzten Experimentiererlebnisse und einen Vergleich mit der Experimentierstation gebeten. Dadurch werden erneut Daten über das Konzept und die Umsetzung der Experimentierstation generiert. Außerdem ergänzt die Vorerfahrung im Experimentieren die soziodemographischen Daten.

Das Post-Interview wurde von den Betreuern der Experimentierstation „ECce!“ durchgeführt. Diese wurden dazu im Rahmen einer zweistündigen Sitzung geschult. Ihnen wurden zunächst die Ziele des Interviews und der Leitfaden vorgestellt. Danach wurde der Leitfaden nacheinander in Zweiergruppen erprobt. Die anderen Betreuer und der Autor der Studie beobachteten den Interviewer und gaben zu seinem Verhalten Rückmeldung.

5.2.4 Datenauswertung

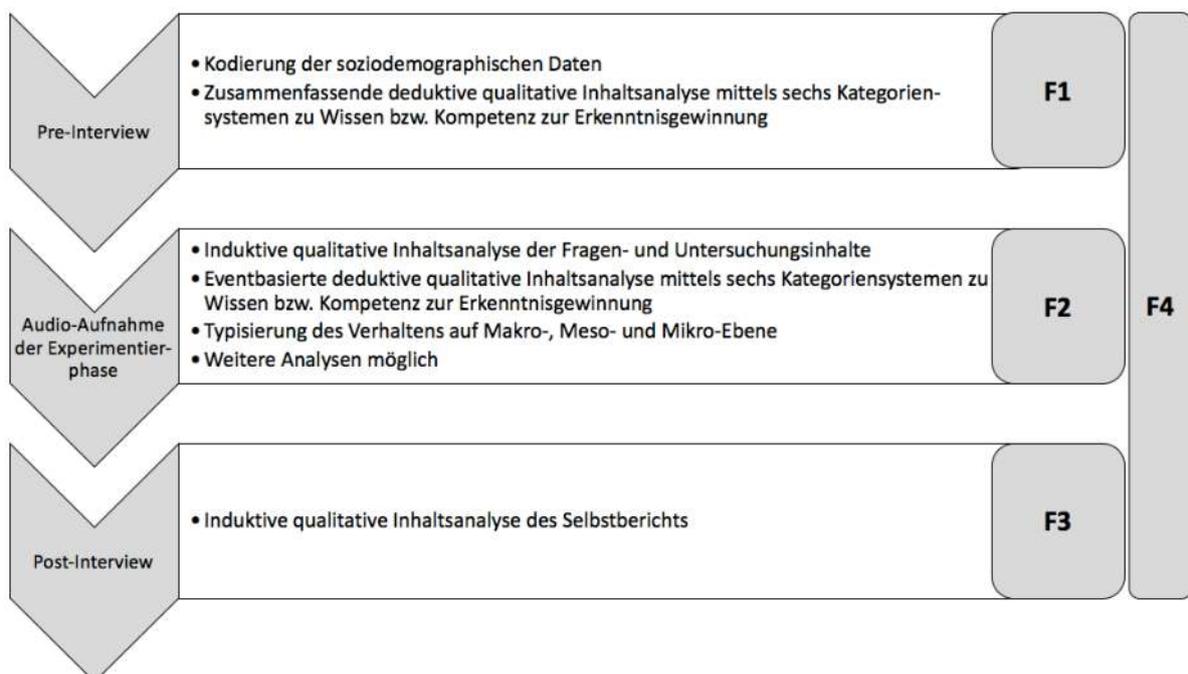


Abb. 21: Inhaltliche Vorgehensweise bei der Datenauswertung

Die Datenauswertung erfolgte durch Kombination inhaltlicher (Abb. 21) und technischer (Abb. 22) Verfahren. Die inhaltlichen und technischen Auswertungsschritte müssen zum Teil alternierend durchgeführt werden. Die inhaltlichen Auswertungsverfahren sind in den folgenden Unterkapiteln beschrieben. Die technische Aufbereitung erfolgt in den folgenden Stufen: gesamte Audioaufnahme wurde zunächst in den ELAN (*European Linguistics Annotator*) geladen und dort sequenziert. Die Daten aus dem soziodemographischen Teil des Pre-Interviews wurden direkt in SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) bzw. Excel eingegeben. Der Aufnahmeabschnitt zu den Lerner-Demonstrationsexperimenten wurde ab-

gesehen vom zeitlichen Umfang keiner weiteren Analyse unterzogen. Die Daten zu den Pre-Interviews, die Phase der Fragenentwicklung und die freien Experimentierphase werden in ELAN kodiert und die Kodierungen dann in Tabellenformat exportiert. Die Tabellen für die freien Experimentierphasen werden mittels eines speziellen Python-Skripts in Kommunikationsgraphen überführt. Das Post-Interview wird mittels F4/ F5-Transkription transkribiert, in QCMap überführt und dort kodiert. Die Ergebnisse dieser Kodierungen erneut in SPSS bzw. Excel exportiert.

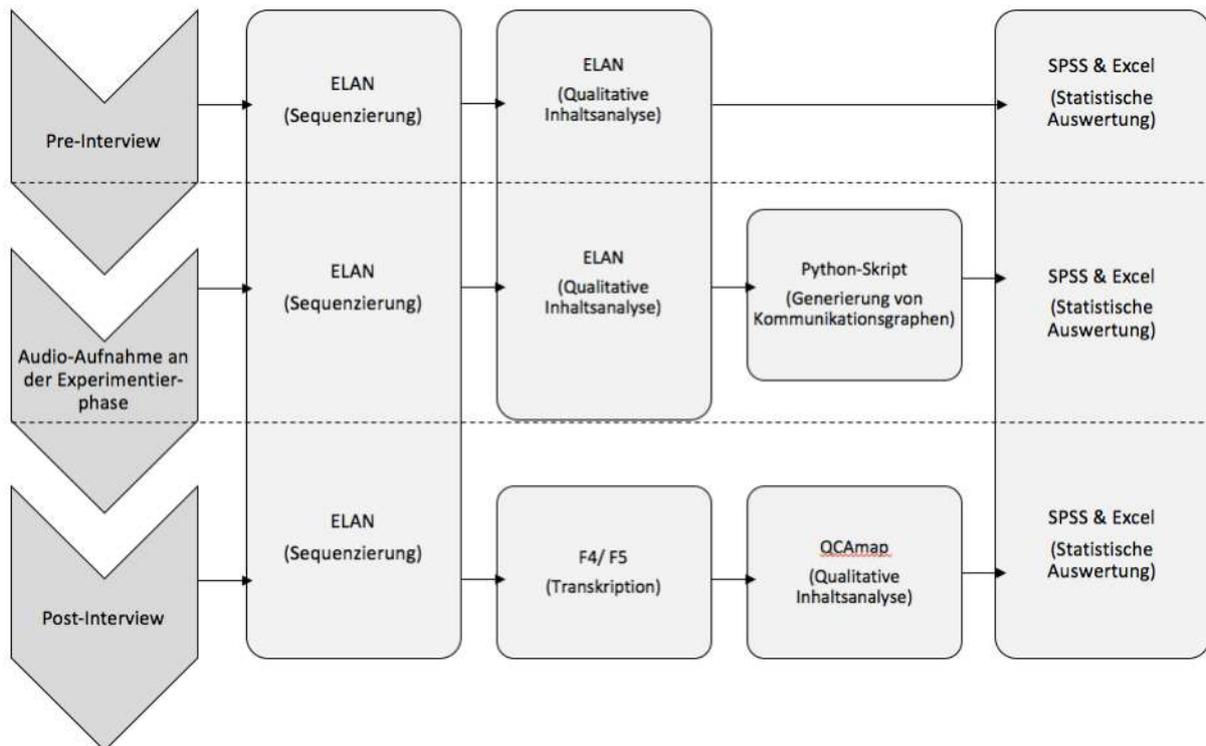


Abb. 22: Technische Vorgehensweise bei der Datenauswertung

5.2.4.1 Analyse der Pre-Interviews (F1)

Um Forschungsfrage 1 zu bearbeiten, werden die Pre-Interviews mittels der sechs Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung (vgl. S. 77 ff.) kodiert. Es soll eine Abschätzung des gesamten Wissens und der gesamten Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung erfolgen, die einer Gruppe von Probanden zur Verfügung stehen. Daher wird auf eine Zusammenfassung aller für die Einordnung in ein Kategoriensystem relevanten Aussagen hingearbeitet. Es wird also eine bestmögliche Einordnung der Aussagen der Probanden vorgenommen. Dafür werden bei der Analyse der Pre-Interviews zunächst alle Abschnitte der Aufnahme kodiert, die einen Bezug zu einem der drei Teilbereiche Fragen, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation beinhalten. Anschließend wird jedem Abschnitt ein Niveau des entsprechenden Kompetenz (DSI, *doing scientific inquiry*)- bzw. Wissen (USI, *understandings about scientific inquiry*)-Kategoriensystems (vgl. S. 77 ff.) zugeordnet. Diese Kodierungen werden aus

ELAN als Textdateien ausgegeben und in ein Tabellenkalkulationsprogramm importiert. Alle Kodierungen mit Niveau 2 und Niveau 3 werden dann noch einmal angehört und festgehalten, welcher Bestandteil der Kategoriendefinition genannt wird – z.B. „Eigenschaft: nachvollziehbar“ in Aussage 1 und „Funktion: Leitfunktion“ in Aussage 2. Werden auf diese Weise in zwei Aussagen, die ursprünglich jeweils mit Niveau 2 kodiert wurden, zwei oder mehr Bereiche des Wissens über Erkenntnisgewinnung abgedeckt, wird in der Zusammenschau Niveau 3 vergeben. Die Ergebnisse dieser Analyse werden unter 5.3.1 dargestellt.

5.2.4.2 Analyse der Audioaufnahmen der Experimentierphase (F2)

Um Forschungsfrage 2 zu bearbeiten, werden die Gespräche der Probanden mit Bezug zur Erkenntnisgewinnung in der Fragenentwicklung und freien Experimentierphase eventbasiert und inhaltsgebunden kodiert (vgl. Brückmann & Duit, 2014). Zunächst werden alle Abschnitte der Aufnahme kodiert, die einen Bezug zu einem der drei Teilbereiche Fragen, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation beinhalten. Anschließend wird jedem Abschnitt ein Niveau des entsprechenden DSI- bzw. USI-Kategoriensystems (vgl. S. 77 ff.) zugeordnet. Dann werden die Kodierungen aus ELAN ausgegeben und in ein Tabellenkalkulationsprogramm exportiert. Diese Dateien enthalten nun die Informationen, zu welchen Zeitpunkten, wie lange und auf welchem Niveau über einen bestimmten Aspekt der Erkenntnisgewinnung kommuniziert wird. Um die Forschungsfrage 2 weiter zu bearbeiten, werden die Kommunikationsstrukturen in den Phasen der Fragenentwicklung und der eigenen Untersuchungen als Kommunikationsgraphen visualisiert. Diese Kommunikationsgraphen werden dann zur Typisierung der Verhaltensweisen genutzt. Die Ergebnisse dieser Typisierung werden erneut in ein Tabellenkalkulationsprogramm eingegeben und deskriptiv analysiert.

5.2.4.3 Analyse der Post-Interviews (F3)

Um die Forschungsfrage 3 zu beantworten, wurden die Inhalte der Post-Interviews zunächst mittels induktiver qualitativer Inhaltsanalyse analysiert (Mayring, 2010). Die Post-Interviews wurden anhand von fünf Leitfragen kodiert:

- Welche Aussagen machen die Teilnehmer zur Entwicklung eigener Forschungsfragen?
- Welche Aussagen machen die Teilnehmer zur Entwicklung eigener Untersuchungen?
- Welche Aussagen machen die Teilnehmer zur Entwicklung eigener Analysen und Interpretationen?
- Welche Aussagen machen die Teilnehmer zur Zusammenarbeit untereinander?

- Welche Aussagen machen die Teilnehmer zu ihrer vorherigen Experimentiererfahrung?

Die Kodierung erfolgte durch den Autor dieser Arbeit auf einem Niveau niedriger Abstraktion, um möglichst konkrete Aussagen zur Selbsteinschätzung der Probanden und zu ihrer Einschätzung der Experimentierstation machen zu können. Die Kodierungen wurden von einer zweiten Kodiererin (Wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Didaktik der Chemie der RUB und Studentin im *Master of Education*) geprüft und mit dem Autor diskutiert. Im Gegensatz zur deduktiven qualitativen Inhaltsanalyse der Pre-Interviews und der Experimentiersituation erschien dieses Vorgehen sinnvoller als die Bestimmung einer Interkoderreliabilität. Es sollte vor allem sichergestellt werden, dass alle inhaltlichen Aussagen der Teilnehmer erfasst wurden und somit für die Triangulation der verhaltensbasierten Daten aus der Experimentierstation zur Verfügung stehen. Die so entstandenen induktiven Kategorien wurden, soweit dies sinnvoll erschien, weiter zusammengefasst. Die Ergebnisse hierzu werden unter 5.3.3 beschrieben.

5.2.4.4 Analyse der Zusammenhänge zwischen Pre-Interview, Audioaufnahme der Experimentierphase und Post-Interview (F4)

Um die Forschungsfrage 4 zu bearbeiten, werden zudem inferentielle statistische Tests mit den Daten in SPSS durchgeführt. Die hier vorgestellte Studie ist aufgrund der Neuigkeit der Lernumgebung und den Möglichkeiten zur Datenerhebung nicht im engeren Sinne hypothesentestend angelegt. Trotzdem werden inferentielle statistische Tests angewandt, um die Daten zu explorieren und so geeignete Ansatzpunkte für Folgestudien zu identifizieren (Krathwohl, 2009, S. 394–395). Um geeignete Tests auszuwählen, werden die Daten zunächst auf Normalverteilung geprüft. Dazu werden sowohl Histogramme inklusive Kurtosis und Schiefe als auch der Kolmogorov-Smirnov-Test inklusive Q-Q-Plots betrachtet (Field, 2009, S. 242). Da zur Bearbeitung von Forschungsfrage 4 überwiegend von nicht normalverteilten Eigenschaften ausgegangen wurde (vgl. 5.3.3.3), werden hier nur die relevanten Tests für nicht normalverteilte Daten vorgestellt.

5.2.4.5 Instrumente der Datenanalyse

Kategoriensysteme für die deduktive qualitative Inhaltsanalyse zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Für die deduktive qualitative Inhaltsanalyse zu Inhalten der Erkenntnisgewinnung wurden bestehende Kategoriensysteme weiterentwickelt. Die Kategoriensysteme wurden ursprünglich für die inhaltliche Analyse von Interviews zur Erkenntnisgewinnung und von Schulbuchtex-

ten entwickelt (Strippel et al., 2016; Strippel & Sommer, 2015, 2017). Sie wurden später auch für die inhaltliche Analyse von schülerproduzierten Videos zu experimentellen Untersuchungen adaptiert (Braun, 2016; Braun, Strippel, & Sommer, 2017b). In der Analyse aller drei Datentypen erwiesen sich die Kategoriensysteme als valide und reliabel (Braun, 2016; Strippel et al., 2016; Strippel & Sommer, 2015, 2017). Die Kategoriensysteme wurden für diese Arbeit erneut überarbeitet und um Ankerbeispiele aus dem aktuellen Datenmaterial ergänzt. Die sechs Kategoriensysteme decken in den Teilbereichen Fragen, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation jeweils die beiden Bereiche „Kompetenz zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung“ (DSI, vgl. 2.1.2) und „Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung“ (USI, vgl. 2.1.2) ab. Alle sechs Kategoriensysteme umfassen vier Stufen. Niveau 0 bedeutet, dass ein Aspekt nicht im Text identifizierbar ist. Die Niveaus 1 bis 3 sind so definiert, dass eine zunehmende Komplexität und Differenziertheit der Inhalte gegeben sein muss. Die vollständigen Kategoriensysteme finden sich in „Anhang V: Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung“. Verkürzte Darstellung der Kategoriensysteme ohne die Abgrenzungsregeln finden sich in Tab. 1 bis 6.

DSI-Kategoriensysteme

Die Inhalte und Abstufungen der DSI-Kategoriensysteme basieren auf Niveau-Einteilungen in anderen Studien zur Kompetenz im Bereich Erkenntnisgewinnung (Ebenezer et al., 2011; Grube, 2010; Kuo et al., 2015; Möller, Grube, Hartmann, & Mayer, 2009; Wellnitz et al., 2012). Im Bereich naturwissenschaftliche Fragestellungen werden überwiegend einheitliche Einteilungskriterien verwendet. Hier werden naturwissenschaftliche Fragen danach unterschieden, wie präzise sie formuliert sind und ob sie nach Fakten oder nach Zusammenhängen fragen. Dies ist in dem Kategoriensystem DSI-Fragen dadurch abgebildet, dass Niveau 1 für eine unpräzise Frage, Niveau 2 für eine Frage nach Fakten und Niveau 3 für eine Frage nach Zusammenhängen vergeben wird (Tab. 1).

Tab. 1: Kategoriensystem "DSI-Fragen" (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen)

Niv.	Definition	Ankerbeispiele
0	- kein Bezug zu naturwissenschaftlichen Fragen im Text	
1	- Fragestellung (in direkter oder indirekter Rede) vorhanden, aber → nicht direkt nach einem naturwissenschaftlichen Sachverhalt fragend ¹ → ist unspezifisch ¹ → ist empirisch nicht überprüfbar ¹	Woher kommt das Zischen? (<i>unabh. Var. unklar</i> , VL_713_0076) Funktioniert das auch mit einer anderen Brausetablette, z.B. Magnesium? (<i>abh. Var. unklar</i>) (VL_713_0077) Wie unterscheidet sich das sonst? (<i>unspezifisch</i>) (VL_713_0077)

2	<ul style="list-style-type: none"> - Bezug zur naturwissenschaftlichen Fragen im Text - korrekte Fragestellung nach Fakten → Frage ist empirisch überprüfbar 	<p>P: Ob es wirklich kalt wird, also ob die Temperatur – B: Temperaturabsenkung? (VL_713_0075)</p> <p>Wie viel Gas entstanden ist? (VL_713_0075)</p> <p>Ist das mehr oder weniger geworden? Können wir das natürlich auch vergleichen, ob das mehr Flüssigkeit geworden ist, ob sich das aufgebläht hat in Anführungsstrichen. (VL_713_0076)</p> <p>Ob noch etwas [weißer Feststoff] übrig bleibt? (VL_713_0089)</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> - Bezug zur naturwissenschaftlichen Fragen im Text - korrekte Fragestellung nach Zusammenhängen → Frage ist empirisch überprüfbar 	<p>Was ist in der Tablette dafür verantwortlich, dass es gelb wird? (VL_713_0075)</p> <p>Löst sich dieser Stoff, der sich da absetzt, wenn ich da mehr Wasser hinzugebe? (VL_713_0075)</p> <p>Welcher Stoff ist dafür [für die Temperaturabsenkung] verantwortlich? (VL_713_0075)</p> <p>Warum oder was ist dafür verantwortlich, dass es so sprudelt? (VL_713_0089)</p>

Naturwissenschaftliche Untersuchungsplanungen werden zumeist ebenfalls danach unterschieden, ob Fakten oder Zusammenhänge erhoben werden (Ebenezer et al., 2011; Grube, 2010; Kuo et al., 2015; Möller et al., 2009; Wellnitz et al., 2012). Zusätzlich werden insbesondere in verschiedenen Bildungsstandarddokumenten weitere Qualitätsmerkmale einer naturwissenschaftlichen Untersuchung genannt, z.B. Festlegung der Stichprobe, der Messdauer, der Messwiederholung, Schaffen von kontrollierten Bedingungen (Chinn & Malhotra, 2002; DfE, 2013; DfE, 2014; Grube, 2010; NRC, 2000, 2012; KMK, 2005a, 2005b, 2005c; Wellnitz et al., 2012). Das Kategoriensystem DSI-Untersuchungsplanung (Tab. 2) wurde folgendermaßen aufgebaut: Niveau 1 wird für Untersuchungen vergeben, die ungerichtet ein Phänomen erzeugen sollen. Dies wird häufig als Vorversuch bezeichnet, dient aber im Lehr-Lern-Kontext den Lernenden oft bereits zur Erkenntnisgewinnung. Niveau 2 wird für Untersuchungen zur Erhebung von Fakten vergeben und Niveau 3 für Untersuchungen zur Erhebung von Zusammenhängen. Beide Niveaus werden unterteilt in Niveau 2a bzw. 3a, wenn kein Qualitätsmerkmal berücksichtigt wird und Niveau 2b bzw. 3b, wenn mindestens ein Qualitätsmerkmal beachtet wird.

5.2 Methode

Tab. 2: Kategoriensystem "DSI-Untersuchungsplanung" (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen)

Niv.	Definition	Ankerbeispiele
0	- kein Bezug zu naturwissenschaftlicher Untersuchungsplanung im Text	
1	- Untersuchung erlaubt die Produktion eines Phänomens oder eines Vorgangs oder einer ungerichteten Beobachtung	<p>Dann könnten wir es [das Gas] anzünden. (<i>ungerichtete Beobachtung</i>) (VL_713_0076)</p> <p>Man könnte zum Beispiel das Wasser nehmen und da einen dieser Stoffe immer reinschmeißen. (<i>ungerichtete Beobachtung</i>) (VL_713_0077)</p> <p>Sie soll halt die Vögel beobachten. (<i>ungerichtete Beobachtung</i>) (VL_713_0077)</p> <p>B: Was sollte die Frau jetzt als nächstes tun, um ihre Frage zu beantworten? P: Beobachtungen anstellen. (<i>ungerichtete Beobachtung</i>) (VL_713_0089)</p>
2	- Untersuchung erlaubt das Erheben von Fakten a) ohne besondere Eigenschaften b) UND eine Eigenschaft wird genutzt: → Dauer ¹ → Messgenauigkeit ¹ → Stichprobengröße ¹ → Messwiederholung ¹ → konstante Bedingungen ¹ → Blindprobe ¹ → Reproduzierbarkeit ¹ → Referenz ¹	<p>a)</p> <p>Das Gas auffangen und, wenn man weiß, wie CO₂ reagiert, dass man da ein Experiment durchführt, um das dann festzustellen. (VL_713_0089)</p> <p>Temperatur könnte man wahrscheinlich einfach messen, wenn man vorher die Temperatur misst und dann das, was da entstanden ist. (VL_713_0075)</p> <p>Wir können den Streifen mit der pH-Wert-Messung da rein stecken und gucken, ob sich das verändert hat. (VL_713_0076)</p> <p>Beobachten, was die da genau essen, ob das dann Unterschiede macht, dass man nachher immer sagen kann, die essen das und die essen das. (VL_713_0078)</p> <p>b)</p> <p>P: Farbstoff, da bräuchte man Referenzfarbstoffe. B: Ja, und wie könnte man das untersuchen? P: Mit einer DC würde mir einfallen, also wenn man jetzt keine Gerätschaften wie die Photometrie da hätte. (<i>Merkmal: Referenz</i>) (VL_713_0075)</p> <p>P2: Man kann zum Beispiel mit einer Gaswaschflasche das machen oder so bzw. einen Erlenmeyerkolben oder einen Kolbenprober und dann einfach mal das Gasvolumen messen. Das was du gesagt hast. Es wird gelöst und dann fängt man das auf. Und dann könnte man natürlich versuchen, ob man eine zweite Brausetablette da reingibt, ob da die gleiche Menge Gas dann bei entsteht in der gleichen Lösung. (<i>Merkmal: Stichprobe</i>) (VL_713_0089)</p> <p>Versuch immer gleich so viel zu nehmen. Vorher war ein bisschen weniger. (<i>Merkmal: konstante Bedingungen</i>) (VL_713_0076)</p> <p>P1: Reicht? Oder noch ein Stündchen schütteln? P2: Reicht. (<i>Merkmal: Dauer</i>) (VL_713_0075)</p>
3	- Untersuchung erlaubt das Erheben von Zusammenhängen a) ohne besondere Qualitätsmerkmale b) UND eine Eigenschaft wird genutzt: → Dauer ¹ → Messgenauigkeit ¹ → Stichprobengröße ¹ → Messwiederholung ¹ → konstante Bedingungen ¹ → Blindprobe ¹ → Kontrolle ¹ → Variablenkontrolle ¹ → Reproduzierbarkeit ¹ → Referenz ¹	<p>a)</p> <p>Also, wenn sie beobachtet hat, dass verschiedene Schnabelformen unterschiedliche Nahrungsformen aufnehmen, müsste sie jeder Schnabelform jedes Futter vorsetzen (<i>unabh. Var.</i>) und gucken, wie gut die Schnäbel oder die Vögel damit zurecht kommen und ob jeder Schnabel dann wirklich alles gut aufnehmen kann. Oder welches besser, welches nicht. (<i>abh. Var.</i>) (VL_713_0075)</p> <p>B: Kannst du dir vorstellen, wie würde man das jetzt als Forscher machen? P1: Weiß ich nicht genau. P2: Vielleicht das einzeln untersuchen. Also wir würden Wasser nehmen und zum Beispiel jetzt den Zucker da reinschmeißen (<i>unabh. Var.</i>) und gucken: Zischt das? (<i>abh. Var.</i>) Und dann würde ich – meine Annahme, es zischt nicht – dann würde ich die Zitronensäure nehmen und noch mal da reinschmeißen, gucken: Zischt das? Also erstmal würde ich das einzeln untersuchen. (VL_713_0076)</p> <p>b)</p> <p>P1: Und zum Schluss die Weinsäure noch einzeln ausprobieren? Oder sollen wir schon anfangen, was zu kombinieren. P2: Ne, lass uns was kombinieren, was wir vorher auch einzeln probiert haben. Sonst wissen wir nicht, ob das, ne. Wenn wir sofort die Weinsäure mit irgendwas kombinieren, könnte es ja auch die Kombination oder die Weinsäure sein. (<i>Var. im Kontext klar, Merkmal: Kontrolle</i>) (VL_713_0078)</p>

Bestehende Einteilungen zur Kompetenz bei Analyse & Interpretation von naturwissenschaftlichen Untersuchungen folgen unterschiedlichen Prinzipien. Kuo et al. (2015) entwickeln Niveaus nach der inhaltlichen Richtigkeit der Schlussfolgerung. Grube (2010) unterteilt nach der Richtigkeit der graphischen Darstellung. Ebenezer et al. (2011) geben Differenziertheit als Kriterium zur Unterscheidung von Schlussfolgerungen an, ohne diese jedoch näher zu definieren. Wellnitz et al. (2012) unterscheiden erstens zwischen Ergebnis (Auswahl relevanter Daten) und dem Herstellen von Zusammenhängen bzw. Schlussfolgern und zweitens zwischen der Betrachtung eines Ergebnisses bzw. Zusammenhangs oder mehrerer Ergebnisse bzw. Zusammenhänge. Für das Kategoriensystem DSI-Analyse & Interpretation (Tab. 3) wurde festgelegt, dass Richtigkeit und Komplexität des Prozesses (nicht die Richtigkeit des Ergebnisses oder der Interpretation) zur Einteilung genutzt werden sollen. Niveau 1 wird daher vergeben, wenn mindestens ein Ergebnis genannt wird. Niveau 2 wird vergeben, wenn eine Schlussfolgerung gezogen wird. Niveau 3 wird vergeben, wenn darüber hinaus interpretative Schritte stattfinden, z.B. Beziehungen zu Vorwissen oder anderen Untersuchungen hergestellt werden, alternative Schlussfolgerungen abgewogen werden.

Tab. 3: Kategoriensystem "DSI-Analyse & Interpretation" (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen)

Niv.	Definition	Ankerbeispiele
0	- kein Bezug zu naturwissenschaftlicher Analyse & Interpretation im Text	
1	- Bezug zu naturwissenschaftlicher Analyse & Interpretation im Text → Aufforderung zur Formulierung eines Ergebnisses ¹ → Beispielhaftes Ergebnis ¹	Dass die [Helikopter] gleich schnell gefallen sind, obwohl die unterschiedlich groß sind. (VL_713_0075) P1: Ja. P2: Ja, das zischt. OK. P1: Jetzt nicht mehr. P2: Aber es hat gezischt, oder? P1: Weiß ich nicht, nur ganz leise. (VL_713_0076) P1: Also wir haben schon herausgefunden, die Säuren zusammen schäumen nicht. P2: Stimmt, das haben wir. P1: Die beiden Säuren schäumen beide mit den Carbonaten, jeweils. (VL_713_0078) P1: Ich würde sagen, vielleicht sogar noch mehr, weil da ist ja auch ein bisschen was dazu gekommen. Ungefähr drei B: Ich schreibe auf mindestens wie viel? P1: Drei, ich glaub dreihundert Milliliter ist das, oder? B: Dreihundert Milliliter. (VL_713_0089)
2	- Bezug zu naturwissenschaftlicher Analyse & Interpretation im Text → Aufforderung zur Interpretation ¹ → Mindestens eine beispielhafte Interpretation ¹	47, bei 48 hatten wir es. Das Volumen verringert sich auf jeden Fall. (VL_713_0075) B: So, das heißt also „Woher kommt das Zischen?“ können wir jetzt wie beantworten? P1: Calciumcarbonat und die Zitronensäure. B: Genau. Das heißt also, wenn wir uns jetzt diese Tablette hier anschauen, dass dieses Zischen und Sprudeln von diesen beiden Stoffen ausgelöst wird. (VL_713_0076) P1: Zweiter Nachweis positiv. P2: Dass es ein Gas ist. B: Genau, das ist ein Gas, was nicht brennbar ist. (VL_713_0089) Ja, der Vogel mit dem besonders langen Schnabel schnappt sich die besonders tiefe Blüte, um da seinen Nektar rauszuholen oder um da Insekten rauszufressen, dann würde sich diese Vermutung [Zusammenhang Schnabelform – Nahrung] bestätigen. (VL_713_0078)

3	<p>- Bezug zu naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation im Text → Aufforderung zur Interpretation¹ → Mindestens eine beispielhafte Interpretation¹ - Erfüllung eines Qualitätsmerkmals → Generalisierung¹ → außersystemischer Bezug¹ → Bezug zur Sicherheit¹ → Bezug zur Reichweite¹ → Evaluation des Modells/Modellexperimentes¹</p>	<p>P1: Vielleicht hebt sich das gegenseitig irgendwie auf. B: Was habt ihr denn jetzt anders gemacht als vorher mit der Brausetablette? Also ihr habt ja jetzt die beiden Stoffe gelöst und dann zusammen geschüttet. Was habt ihr bei der Brausetablette anders gemacht? P1: Sie gleichzeitig gelöst. B: Genau, das wäre eine Erklärungsmöglichkeit. P1: Das heißt, wenn man jetzt ein Näpfchen mit Wasser nimmt und dann von beidem ne Spatelspitze reinschmeißt, dann würde es eventuell einen anderen Effekt geben. (<i>Merkmale: Evaluation des Experiments, Sicherheit</i>) (VL_713_0075)</p> <p>P1: Der Große ist ein bisschen später am Boden angekommen. B: Könnt ihr daraus irgendwas schlussfolgern? P2: Vielleicht irgendwas mit Luftwiderstand, das Kleinere, dass das nicht so gebremst wird? P1: Das wäre irgendwie logisch, ja. (<i>Merkmal: außersystemischer Bezug (Vorwissen)</i>) (VL_713_0078)</p> <p>P1: Das schäumt auch. P2: Also scheint ja jede Kombi irgendwie ganz gut, Hauptsache ein Carbonat. (<i>Merkmal: Generalisierung</i>) (<i>Kodierung nur mit Kontext möglich</i>) (VL_713_0078)</p>
---	--	---

USI-Kategoriensysteme

Die Kategoriensysteme zum Wissen über Erkenntnisgewinnung mussten komplett neu konstruiert werden. Bisherige Studien zum Wissen über Erkenntnisgewinnung nutzen keine weiterverwendbaren Einteilungen nach Niveaus (Campanile, Lederman, & Kampourakis, 2015; Gaigher et al., 2014; Lederman et al., 2014; Neumann, 2011; Osborne et al., 2003). Die Studie von Osborne et al. (2003) erhebt in einer Delphi-Studie die Ansichten von Naturwissenschaftlern und Lehrpersonen in den Naturwissenschaften unter anderem darüber, welches Wissen Schüler über Methoden der Erkenntnisgewinnung besitzen sollten. Es werden aber keine Abstufungen vorgenommen. Die Studien von Campanile et al. (2015), Gaigher et al. (2014) und Lederman et al. (2014) beziehen sich auf dieselben acht Aussagen zur Erkenntnisgewinnung, allerdings erfolgt die Auswertungen immer bezogen auf den „*Views about Scientific Inquiry*“-Fragebogen und es erfolgt keine allgemeine Abstufung des Wissens über diese Aussagen. Ferner beziehen sich jeweils mehrere Aussagen auf Fragestellungen, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation. Daher wurde für die vorliegenden Kategoriensysteme zum Wissen über Erkenntnisgewinnung eine neue Einteilung vorgenommen. Für die drei Teilbereiche Fragen, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation wird jeweils folgendermaßen eingeteilt: Niveau 0 wird vergeben, wenn kein Bezug zu dem Teilbereich hergestellt wird. Niveau 1 wird vergeben, wenn der Teilbereich grundsätzlich als Bestandteil der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung genannt wird. Niveau 2 und 3 werden vergeben, wenn darüber hinaus Merkmale aus einem (Niveau 2) bzw. mindestens zwei (Niveau 3) Bereichen genannt werden:

- a) Eigenschaften des Teilbereichs (z.B. „Und hat schon ein bisschen was zumindest überlegt, um überhaupt die Frage formulieren zu können.“ (Eigenschaft: nachvollziehbar)),

- b) Funktionen des Aspekts („Man wusste nicht, in welche Richtung es gehen sollte. Also, was genau ausgewertet sollte. Und da hätte mir eine Frage oder ein Thema, ja, eine bestimmte Frage hätte, glaube ich, geholfen.“ (Funktion: Leitfunktion)),
- c) Weitere Aussagen über den Aspekt („Aber es ist natürlich, wenn man eine Frage beantwortet, dann ergeben sich noch andere.“ (Sonstiges: Zyklizität).

Das Kategoriensystem USI-Fragen (Tab. 4) entspricht in seinen Inhalten dem für schulische Vermittlung als angemessen angesehenen Wissen über naturwissenschaftliche Fragen (vgl. S. 7). Der Aufbau des Kategoriensystems entspricht dem oben beschriebenen allgemeinen Aufbau. Zur besseren Abgrenzung von Niveau 0 und Niveau 1 wurden auch Anker-Beispiele für Niveau 0 aufgeführt. Hier soll ein vages „etwas herausfinden“ von der klaren Aussage, dass eine Fragestellung nötig ist, abgegrenzt werden.

Tab. 4: Kategoriensystem "USI-Fragen" (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, 2 = zwei Merkmale ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Ankerbeispielen)

Niv.	Definition	Ankerbeispiele
0	- kein Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Fragen zum Erkenntnisprozess gehören	Ja, man wollte was herausfinden. (<i>Andeutung von Untersuchungsziel, aber kein Bezug zu Frage</i>) (VL_713_0077) Das kommt darauf an, was man feststellen will, wollte. (<i>Andeutung von Untersuchungsziel, aber kein Bezug zu Frage</i>) (VL_713_0089)
1	- Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Fragen zum Erkenntnisprozess gehören (- Falschaussagen über Merkmale naturwissenschaftlicher Fragen)	Sie hat erstmal eine Annahme, eine Beobachtung gemacht und vielleicht eine Hypothese aufgestellt, also so eine Vermutung, was könnte es sein und dann hat sie angefangen, das zu untersuchen. Das würde ich so als Anfang schon mal annehmen. Also eine Beobachtung stand am Anfang. (<i>Falschaussage (Hypothese ohne Weg über Fragestellung)</i>) (VL_713_0076) B: Warum hat die Frau wie eine Wissenschaftlerin gearbeitet? P: Also eine Fragestellung. Eine Frage und dann die Antwort gesucht. (<i>Frage als Teil des Prozesses</i>) (VL_160117_0003)
2	- Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Fragen zum Erkenntnisprozess gehören - Hinweis auf Eigenschaft naturwissenschaftlicher Fragen ¹ → empirisch überprüfbar ¹ → nachvollziehbar ¹ → problemstellend ¹ - Hinweis auf Leitfunktion naturwissenschaftlicher Fragen für den folgenden Erkenntnisgewinnungsprozess ¹ - Sonstige Aussagen über naturwissenschaftliche Fragen ¹ → Zyklizität ¹ → Unterscheidung von Fragen nach Zusammenhängen oder Fakten ¹ → Auswahl aus mehreren möglichen Fragen ¹	Aber es ist natürlich, wenn man eine Frage beantwortet, dann ergeben sich noch andere. (<i>Sonstiges: Zyklizität</i>) (VL_713_0075) Es hat die Frage gefehlt. Mir fehlt die Frage. Wir sollten jetzt eine Auswertung quasi machen anhand der Beobachtung. Man wusste nicht, in welche Richtung es gehen sollte. Also, was genau ausgewertet sollte. Und da hätte mir eine Frage oder ein Thema, ja, eine bestimmte Frage hätte, glaube ich, geholfen. (<i>Funktion: Leitfunktion</i>) (VL_713_0075)

5.2 Methode

3	<ul style="list-style-type: none"> - Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Fragen zum Erkenntnisprozess gehören - Hinweis auf Eigenschaft naturwissenschaftlicher Fragen² <ul style="list-style-type: none"> → empirisch überprüfbar¹ → nachvollziehbar¹ → problemstellend¹ - Hinweis auf Leitfunktion² - Sonstige Aussagen über naturwissenschaftliche Fragen² <ul style="list-style-type: none"> → Zyklizität¹ → Unterscheidung von Fragen nach Zusammenhängen oder Fakten¹ → Auswahl aus mehreren möglichen Fragen¹ 	<p>B: Ist das der Beginn einer naturwissenschaftlichen Untersuchung? P1: Na gut, ja, weil sie sich etwas fragt (<i>Frage als Teil des Prozesses</i>) und etwas verstehen möchte und die Frage eigentlich der Ausgangspunkt ist. (<i>Funktion: Leitfunktion</i>) P2: Ja und sie hat jetzt in diesem Fall wahrscheinlich schon eine Vermutung. P1: Und hat schon ein bisschen was zumindest überlegt, um überhaupt die Frage formulieren zu können (<i>Eigenschaft: nachvollziehbar</i>). Also das würde ich sagen ist der Anfang. (VL_713_0073)</p> <p>P1: Es hat die Frage gefehlt (<i>Frage als Teil des Prozesses</i>). Mir fehlt die Frage. Also wir sollten daraufhin eine Auswertung quasi machen anhand der Beobachtung. Man wusste nicht, in welche Richtung es gehen sollte, also was genau ausgewertet werden sollte (<i>Funktion: Leitfunktion</i>). Und da hätte mir eine Frage oder ein Thema, ja, eine bestimmte Frage hätte geholfen. [...] Es sind auf jeden Fall konkrete Fragen, das heißt es sind Fragen, die beantwortbar sind (<i>Eigenschaft: problemstellend</i>), beziehen sich auf ein Phänomen, was man vorher beobachtet hat (<i>Eigenschaft: nachvollziehbar</i>). (VL 713 0075)</p>
---	--	---

Das Kategoriensystem USI-Untersuchungsplanung (Tab. 5) folgt denselben Prinzipien. Es beinhaltet für die schulische Vermittlung als angemessen betrachtetes Wissen über Untersuchungsplanung (vgl. S. 8). Auch hier wurden zur besseren Abgrenzung Ankerbeispiele für das Niveau 0 aufgenommen. So werden beispielsweise Aussagen mit 0 gewertet, die eine Messung oder einen Vergleich mit einer Untersuchung gleichsetzen.

Tab. 5: Kategoriensystem „USI-Untersuchungsplanung“ (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, 2 = zwei Merkmale ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Ankerbeispielen)

Niv.	Definition	Ankerbeispiele
0	- kein Hinweis auf Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung	<p>Weiß ich nicht so genau. Mittel meine ich. Ja, vielleicht war das erstmal ein Versuch, wie die Sachen funktionieren, aber untersucht haben wir das jetzt nicht. Wir haben ja keine Messung vorgenommen. Deswegen würde ich das jetzt nicht so schätzen [dass es eine nw. Untersuchung ist]. (<i>falsche Aussage</i>) (VL_713_0076)</p> <p>Ich konnte jetzt nur eine Sache beobachten. Es war jetzt noch nichts, was sich dazu vergleichen lässt würde ich sagen. Oder ist es schon ein Vergleich, weil zwei verschiedene gleichzeitig gefallen sind? (<i>Proband zählt „Beobachtung“ nicht als nw. Untersuchungsplanung, Vergleich wird nicht gewertet</i>) (VL 713 0075)</p>
1	- Hinweis auf die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung	B: Was sollte sie jetzt tun, um ihre Frage zu beantworten? P1: Sie sollte es wissenschaftlich untersuchen. (<i>Hinweis auf Untersuchungsplanung</i>) (VL 713 0076)

2	<p>- Hinweis auf die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung</p> <p>a) - Hinweis auf die Bedeutung von Eigenschaften naturwissenschaftlicher Untersuchungen (Dauer¹, Messgenauigkeit¹, Stichprobengröße¹, Messwiederholung¹, Kontrolle¹, Blindprobe¹, Variablenkontrolle¹, konstante Bedingungen¹, Reproduzierbarkeit¹)</p> <p>b) - Hinweis auf Funktion von bestimmten naturwissenschaftlichen Untersuchungen¹ → Zusammenhänge finden¹ → Fakten finden¹</p> <p>c) - Sonstige Aussagen über Untersuchungsdesign/ Untersuchung¹ → bei gleicher Fragestellung sind unterschiedliche¹ Untersuchungen möglich → Wahl des Untersuchungsdesigns beeinflusst die entstehenden Daten¹</p>	<p>B: Also wenn ihr das nicht möchtet, wisst ihr natürlich auch, wenn man alle durchprobiert hat, wie man dann weitermachen würde. Allerdings ist es ja auch so, ein Forscher würde erstmal alle einzeln durchprobieren. Das stimmt. (<i>Eigenschaft: Kontrolle</i>) (VL_713_0077)</p> <p>P: Zu fragen ist natürlich, ob sie bestimmte andere Parameter außer Acht gelassen hat. Wie war das, wurde gesagt, ob das die gleiche Art ist? B: Ne. P: Es war nur Schnabelform und Nahrung, Nahrungsart. (<i>Eigenschaft: konstante Bedingungen</i>) (VL_713_0075)</p> <p>Ja, dass man das viel, viel öfter machen müsste. Damit man sagen könnte, das ist auch jedes Mal so. Das reicht vielleicht einmal nicht. (<i>Eigenschaft: Messwiederholung</i>) (VL_713_0078)</p> <p>Dass man sich Hypothesen aufstellt, die man mit Experimenten möglichst überprüft und dass die Experimente vielleicht auch nachmachbar sind, damit das für andere nachvollziehbar ist. (<i>Eigenschaft: Reproduzierbarkeit</i>) (VL_713_0078)</p> <p>Wissenschaftlich heißt dann, dass man durch irgendwelche Vorgaben, wie Experimente auszusehen haben, eben, was du jetzt auch schon gesagt hast, mit dem, dass das reproduzierbar ist, dass das irgendwo genormt ist, die Durchführung, mehr fallen mir da jetzt aber auch nicht ein. (<i>Eigenschaft: Reproduzierbarkeit, konstante Bedingungen</i>) (VL_713_0078)</p>
3	<p>- Hinweis auf die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung</p> <p>a) - Hinweis auf die Bedeutung von Eigenschaften naturwissenschaftlicher Untersuchungen (Dauer¹, Messgenauigkeit¹, Stichprobengröße¹, Messwiederholung¹, Kontrolle¹, Blindprobe¹, Variablenkontrolle¹, konstante Bedingungen¹, Reproduzierbarkeit¹)²</p> <p>b) - Hinweis auf Funktion von bestimmten naturwissenschaftlichen Untersuchungen² → Zusammenhänge finden¹ → Fakten finden¹</p> <p>c) - Sonstige Aussagen über Untersuchungen² → bei gleicher Fragestellung sind unterschiedliche Untersuchungen möglich¹ → Wahl des Untersuchungsdesigns beeinflusst die entstehenden Daten¹</p>	<p>P1: Es war nur einmalig, deshalb kann ich es nicht als eine Untersuchung bezeichnen. Wir haben nur eine Beobachtung gemacht. (<i>Eigenschaft: Messwiederholung</i>) [...] Ja, man hat erstmal beobachtet, es gibt eine Art von Variation und diese Variation muss dann erklärt werden und wir versuchen jetzt diese Erklärungsfaktoren herauszufinden (<i>Funktion: Zusammenhänge finden</i>) und das kann man durch Erhebung von empirischen Phänomenen, also Beobachtungen, ja, das würde ich als einen Anfang bezeichnen. (VL_160109_0060)</p> <p>B: Würdest du sagen, dass das, was ihr jetzt gerade beobachtet, eine naturwissenschaftliche Betrachtungsweise war? P1: Ja. B: Warum? P1: Weil das ein Experiment war und weil man es wiederholt hat (<i>Eigenschaft: Messwiederholung</i>), weil es wiederholbar war (<i>Eigenschaft: Reproduzierbarkeit</i>). Ja, weil man halt verschiedene Experimente durchführt und die dann entsprechend dokumentiert und aus den Ergebnissen, die man beobachtet, dann versucht Schlüsse zu ziehen und Ergebnisse auszuwerten (<i>Sonstiges: unterschiedliche Untersuchungen möglich</i>). (VL_160131_0065)</p>

Auch das Kategoriensystem USI-Analyse & Interpretation (Tab. 6) ist analog zu den beiden vorherigen aufgebaut. Die relevanten Wissensbestandteile werden ab S. 9 dargestellt. Für das Niveau 3 des Kategoriensystems kann nur ein Ankerbeispiel angegeben werden, da nur in einem Fall eine solche Kodierung vorgenommen wurde. Dies ist ein Hinweis darauf, dass das Interview den Probanden nicht im selben Maße Gelegenheit gibt über Wissen zu Analyse & Interpretation von Daten zu sprechen wie zu den anderen beiden USI-Bereichen.

5.2 Methode

Tab. 6: Kategoriensystem „USI-Analyse & Interpretation“ (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, 2 = zwei Merkmale ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Ankerbeispielen)

Niv.	Definition	Ankerbeispiele
0	- kein adäquater Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten zum Erkenntnisprozess gehört	
1	- Hinweis im Text, dass Interpretation der Daten zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gehört - kein adäquater Hinweis auf Funktionen/ Eigenschaften naturwissenschaftlicher Interpretation	Wenn das alles an Auswertung war, lässt es zu wünschen übrig. (<i>Analyse & Interpretation als Teil des Prozesses</i>) (VL_160118_0005) Und [sie sollte] die Daten natürlich noch anders auswerten. (<i>Analyse & Interpretation als Teil des Prozesses</i>) (VL_160122_0064)
2	- Hinweis im Text, dass Interpretieren zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gehört - Hinweis auf Eigenschaften naturwissenschaftlicher Interpretation ¹ → Sicherheit ¹ → Reichweite ¹ → Generalisierbarkeit ¹ → Außersystemischer Bezug ¹ - Hinweis auf Funktionen naturwissenschaftlicher Interpretation ¹ → Interpretation der Daten ¹ → Beantwortung von Fragen/ Hypothesen ¹ → Generierung neuer Fragen/ Hypothesen ¹ - Sonstige Aussagen über naturwissenschaftliche Interpretation ¹ → unterschiedliche Interpretationen auf Grundlage derselben Daten möglich ¹ → mehrere Interpretationen aus denselben Daten möglich ¹	Und dann hat sie Zusammenhänge vielleicht auch erkannt. Dass zum Beispiel der Schnabel mit dem krummen Schnabel Nüsse isst, weil er sie aufknacken kann mit seinem Schnabel vielleicht. Aber das musste sie dann auch durch Messungen, durch Tests auch beweisen. Sonst würde es ihr ja keiner glauben. (<i>Funktion: Interpretation der Daten</i>) (VL_713_0076) Es ist anders als zuvor, es ist ein Prozess hier und diesen Prozess will man dann verstehen lernen. Weil vielleicht erhofft man sich auch aus dem Erkennen, was in dem Prozess vorgeht, vielleicht mehr zu verstehen, nicht nur diese Tablette, sondern ganz viele andere Sachen. (<i>Eigenschaft: Generalisierbarkeit</i>) (VL_713_0076) Ja, weil man halt verschiedene Experimente durchführt und die dann entsprechend dokumentiert und aus den Ergebnissen, die man beobachtet, dann versucht Schlüsse zu ziehen und Ergebnisse auszuwerten (<i>Funktion: Interpretation der Daten</i>). (VL_160131_0065)
3	- Hinweis im Text, dass Interpretation zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gehört - Hinweis auf Eigenschaften naturwissenschaftlicher Interpretation ² → Sicherheit ¹ → Reichweite ¹ → Generalisierbarkeit ¹ → Außersystemischer Bezug ¹ → Evaluation des Modells/ Modellexperimentes ¹ - Hinweis auf Funktionen naturwissenschaftlicher Interpretation ² → Interpretation der Daten ¹ → Beantwortung von Frage/ Hypothese ¹ → Generierung neuer Fragen/ Hypothesen ¹ - Sonstige Aussagen über naturwissenschaftliche Interpretation ² → unterschiedliche Interpretationen auf Grundlage derselben Daten möglich ¹ → mehrere Interpretationen aus denselben Daten möglich ¹	P1: Sie hat sich Sachen und Gegebenheiten angeguckt, die miteinander verglichen und daraus versucht etwas zu schließen (<i>Funktion: Interpretation der Daten</i>). Und jetzt gibt es noch die Frage, ob man das vielleicht noch genauer machen könnte (<i>Eigenschaft: Sicherheit</i>). (VL_160124_0007)

Die Kategoriensysteme wurden in dieser Form noch einmal auf Validität und Reliabilität geprüft. Dazu wurde eine Stichprobe von $n = 15$ Audioaufnahmen (Pre-Interview, Fragenentwicklung, freie Experimentierphase) von zwei unabhängigen Kodierern bearbeitet. Die Interkoderreliabilität wurde berechnet gemäß:

$$IKR = \frac{\#Kodierungen - \#Nichtuebereinstimmungen}{\#Kodierungen}$$

Die Interkoderreliabilität war für alle Kategoriensysteme mit Ausnahme von DSI-Untersuchungsplanung > 0.8 (Tab. 7) und kann somit als gut befunden werden (Miles & Huberman, 1994, S. 64). Die Interkoderreliabilität von DSI-UP von 0.78 kann dadurch erklärt werden, dass die Kodierer zwar das gleiche Grundniveau vergeben, sich jedoch in der Vergabe von 2a/ 2b bzw. 3a/ 3b unterscheiden. Dies wiederum ist darin begründet, dass die Kodiereinheiten hierzu oft sehr lang (bis mehrere Minuten) sind und ein Kodierer dann das Qualitätsmerkmal der Untersuchung überhört. Die perfekte Übereinstimmung für USI-AI ist vermutlich eine Überschätzung des Kategoriensystems. Allerdings gibt es zu diesem Kategoriensystem auch in allen Aufnahmen nur sehr wenige Nennungen.

Tab. 7: Interkoderreliabilität für alle sechs Kategoriensysteme ($n = 15$ Aufnahmen; 2 Kodierer)

Kategoriensystem	DSI-F	DSI-UP	DSI-AI	USI-F	USI-UP	USI-AI
Interkoderreliabilität	.97	.78	.97	.91	.82	1.00

Insgesamt können die Kategoriensysteme auch für die Analyse der in der Ausstellung gewonnenen Daten als reliabel betrachtet werden. Da sich auch zu allen angenommenen Niveaus in den Aufnahmen Aussagen finden lassen, können die Kategoriensysteme auch als für den Analysezweck valide angesehen werden.

Kommunikationsgraphen

Kommunikationsgraphen sind ein in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung noch wenig genutztes Darstellungs- und Analyseformat. Lehesvuori et al. (2013) bemerken zu recht, dass Ergebnisse von kommunikativen Analysen in Lehr-Lern-Situation häufig als qualitative Listen (z.B. Fragetypen, die im Unterricht genutzt werden) oder in quantifizierter Form (z.B. Prozentanteile von lehrer- vs. schülerzentriertem Unterricht) dargestellt werden und dadurch die Abhängigkeit zwischen Inhalt und Zeitpunkt nicht mehr ausreichend nachvollzogen werden kann. Kommunikationsgraphen erlauben eine solche Nachvollziehbarkeit. Die ersten Schritte des Vorgehens bei der Analyse mittels Kommunikationsgraphen (Abb. 23) wurden bereits beschrieben und für die vorliegende Arbeit adaptiert (Abb. 24). Die Definition von Episoden entspricht im Falle der vorliegenden Studie der Einteilung der Audioaufnahmen in

Gespräche über einzelne Aspekte der Erkenntnisgewinnung. Der Definition des Kommunikationsansatzes (CA) entspricht somit die Zuordnung zu einem der drei Teilbereiche Fragen, Untersuchungsplanung oder Analyse & Interpretation, der Definition der Interaktivität entspricht die Einordnung in die Bereiche DSI oder USI. Zusätzlich ist in der vorliegenden Studie dann noch die Information des Niveaus vorhanden. Das Kommunikationsmuster auf Makro-Ebene wird durch die Betrachtung der gesamten individuellen Untersuchungen erhalten. Das Kommunikationsmuster auf Meso-Ebene entspricht der Betrachtung einer einzelnen Untersuchung. Die Kommunikation auf Mikro-Ebene wird durch die Farbkodierung der Niveaus der Kommunikation innerhalb eines Gespräches ersichtlich. Eine noch detailliertere Analyse einzelner Gespräche wäre möglich, liegt aber außerhalb des Forschungsinteresses in dieser Studie.

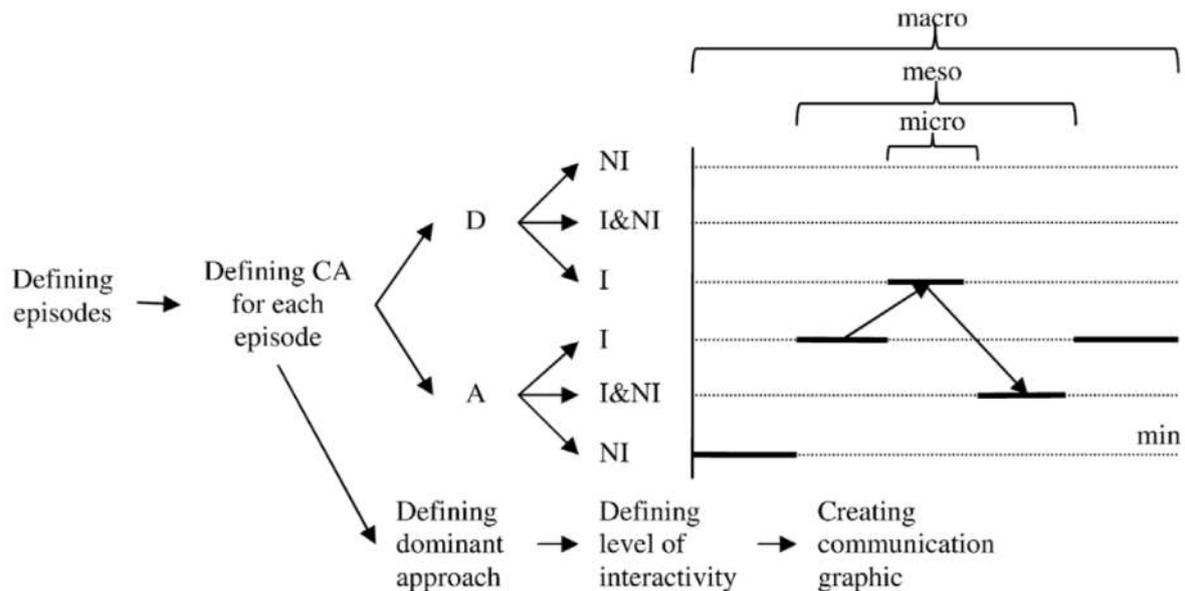


Abb. 23: Vorgehen bei der Analyse mittels Kommunikationsgraphen nach Lehesvuori et al. (2013, S. 925)

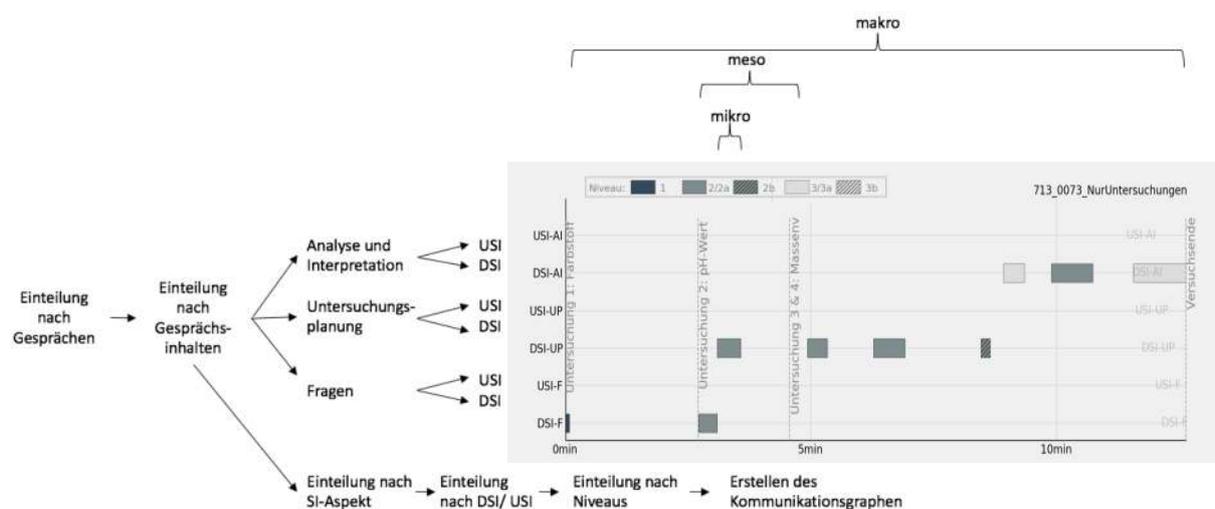


Abb. 24: Vorgehen bei der Analyse mittels Kommunikationsgraphen in der vorliegenden Arbeit

Während Lehesvuori et al. (2013) Kommunikationsgraphen für zwei Fälle von je 90 Minuten mit je etwa zehn unterschiedlichen Kodierungen darstellen, sollen in der vorliegenden Studie über 60 Fälle mit je mehreren Dutzend Kodierungen dargestellt werden. Daher wurde zur Erstellung der Kommunikationsgraphen ein Python-Skript geschrieben, das aus den aus ELAN exportierten und in Tabellendateien umgewandelten Dateien die gewünschten Graphen erstellt¹⁷. Diese Graphen stellen die Kodierungen eventbasiert dar und beinhalten über eine Farbkodierung auch das Niveau der einzelnen Kodierungen (Abb. 24). Auf diese Art und Weise kann auch das hier vorhandene umfangreiche Datenmaterial effizient in Form von Kommunikationsgraphen dargestellt und analysiert werden. Durch die Erstellung mit dem Python-Skript wurde also ein effizienterer Weg zur Erstellung der Kommunikationsgraphen entwickelt. Durch die Darstellung der Niveaus der Kategoriensysteme über eine Farbkodierung wurde außerdem eine effektivere Darstellung ermöglicht, da eine weitere Dimension visualisiert wird. Die Ergebnisse hierzu werden unter 5.3.2 dargestellt.

Analysen in SPSS

Zur Bearbeitung der Forschungsfragen 1 bis 3 werden diverse deskriptive Statistiken in SPSS berechnet. Diese werden hier nicht weiter vorgestellt. Es wurden insbesondere zwei Testverfahren angewandt: Kruskal-Wallis-H-Test und Chi-Quadrat-Test (bzw. Fisher-Exakt-Test).

Wenn mehr als zwei unabhängige Stichproben im Hinblick auf zwei skalierte Variablen miteinander verglichen werden, wird der Kruskal-Wallis-H-Test angewandt (Field, 2009, S. 307 ff.). Dieser testet auf Grundlage von Rangsummen, ob sich die untersuchten Stichproben signifikant voneinander unterscheiden. Allerdings gibt der Test bei einem signifikanten Testergebnis keine Auskunft darüber, welche Stichproben sich nun paarweise voneinander unterscheiden, sondern nur, dass mindestens ein Paar an signifikant unterschiedlichen Stichproben existiert. Zusätzlich werden über die Durchführung des Tests in SPSS Boxplot-Diagramme generiert, die einen qualitativen Vergleich der Stichproben ermöglichen.

Wenn zwei oder mehr unabhängige Stichproben im Hinblick auf zwei kategoriale Variablen miteinander verglichen werden, wird der Chi-Quadrat-Test oder der Fisher-Exakt-Test angewandt (Field, 2009, S. 849 ff.). Diese testen auf Grundlage von Kreuztabellen, ob sich die untersuchten Stichproben signifikant voneinander unterscheiden. Die Tests geben bei einem signifikanten Testergebnis Auskunft darüber, welche Zellen der Kreuztabelle sich signifikant von anderen Zellen unterscheiden.

¹⁷ Das Skript wurde von Sebastian Bergmann (Student der Mathematik und Physik an der RUB) auf Anfrage des Autors geschrieben. Dafür gilt ihm der ausgesprochene Dank des Autors.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Ergebnisse zu F1: Voraussetzungen der Probanden

Die Kompetenzen und das Wissen der Probanden im Bereich Erkenntnisgewinnung bilden eine Grundlage zur Triangulation des Verhaltens an der Experimentierstation. Diese Voraussetzungen der Probanden wurden durch das Pre-Interview (vgl. S. 74) erhoben und mittels qualitativer Inhaltsanalyse kategorisiert (vgl. 5.2.4). Die erreichten Niveaus für die Kompetenzen und das Wissen zur Erkenntnisgewinnung sind im Folgenden für ihre Anteile über alle Gruppen graphisch dargestellt und beschrieben:

- Kompetenz zu naturwissenschaftlichen Fragen (DSI-F): Abb. 25,
- Kompetenz zur naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung (DSI-UP): Abb. 26 und Abb. 27,
- Kompetenz zur naturwissenschaftlichen Analyse & Interpretation (DSI-AI): Abb. 28,
- Wissen zu naturwissenschaftlichen Fragen (USI-F): Abb. 29,
- Wissen zu naturwissenschaftlicher Untersuchungsplanung (USI-UP): Abb. 30,
- Wissen zu naturwissenschaftlicher Analyse & Interpretation (USI-AI): Abb. 31.

Grundsätzlich sind alle Gruppen in der Lage, eine Frage im naturwissenschaftlichen Kontext zu formulieren (Abb. 25). Auffällig ist, dass etwa ein Drittel ($n = 21$; 32,8%) nur unspezifische Fragen formuliert (DSI-F: Niveau 1) und die Hälfte aller Gruppen nur Fragen nach Fakten (DSI-F: Niveau 2) formuliert. Nur etwa jede fünfte Gruppe ($n = 11$; 17,2%) ist im Pre-Interview in der Lage eine Frage nach Zusammenhängen (DSI-F: Niveau 3) zu formulieren. Dies deckt sich mit der Annahme, dass Fragen nach Fakten einfacher zu stellen sind als Fragen nach Zusammenhängen (Wellnitz et al., 2012).

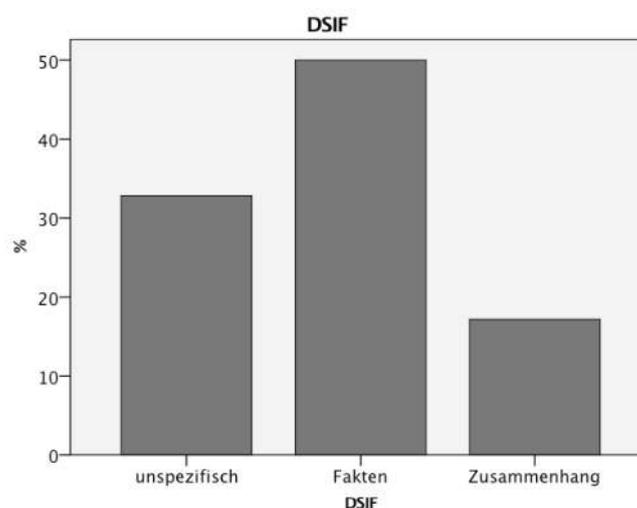


Abb. 25: Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Fragen (DSI-F) ($n = 64$)

Im Bereich Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung (Abb. 26) sind über die Hälfte aller Gruppen ($n = 36$; 56,3%) in der Lage, eine Untersuchung zur Ermittlung eines Zusammenhangs (DSI-UP: Niveau 3) zu planen. Ein Viertel aller Gruppen ($n = 15$; 23,4%) ist zumindest in der Lage eine Untersuchung zur Ermittlung von Fakten (DSI-UP: Niveau 2) zu planen. Jede zehnte Gruppe ($n = 7$; 10,9%) ist noch in der Lage, eine ungerichtete Untersuchung (DSI-UP: Niveau 1) zu planen. Gleichzeitig ist jedoch ebenfalls etwa jede zehnte Gruppe ($n = 6$; 9,4%) im Pre-Interview nicht in der Lage, eine Untersuchung zu planen (DSI-UP: Niveau 0).

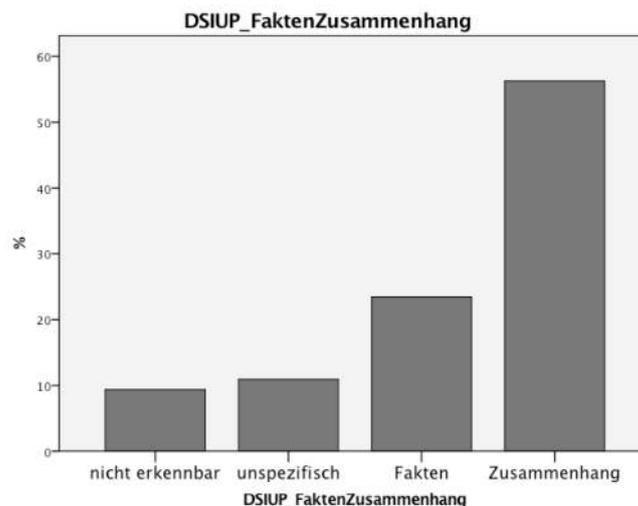


Abb. 26: Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (DSI-UP) ($n = 64$)

Wird die Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung noch einmal differenziert für die Niveaus 2 und 3 betrachtet (Abb. 27), zeigt sich, dass nur wenige Gruppen in der Lage sind, Untersuchungen unter Berücksichtigung zusätzlicher Eigenschaften zu planen (DSI-UP: 2b/ 3b). Hier sind jeweils $n = 6$ (9,4%) für DSI-UP: 2b und $n = 6$ (9,4%) für DSI-UP: 3b der Gruppen in der Lage, eine Untersuchung unter Berücksichtigung zusätzlicher Eigenschaften zu planen. Diese Eigenschaften sind insbesondere Messwiederholung und konstante Bedingungen.

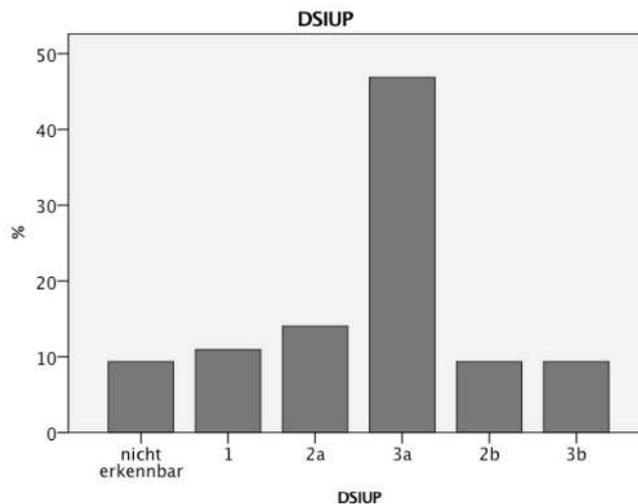


Abb. 27: Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (DSI-UP) differenziert nach 2a/b, 3a/b (n = 64)

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Analyse & Interpretation von Daten (Abb. 28). Knapp die Hälfte der Gruppen (48,4%, n = 31) ist in der Lage, eine Analyse & Interpretation von Daten unter Einbeziehung von Vorwissen, Bezugnahme auf Generalisierbarkeit, Sicherheit oder Ähnlichem (DSI-AI: Niveau 3) zu artikulieren. Etwa ein Viertel aller Gruppen (n = 18; 28,1%) ist in der Lage, eine Analyse & Interpretation nur auf Grundlage der Daten (DSI-AI: Niveau 2) durchzuführen. Etwa jede fünfte Gruppe (n = 13; 20,3%) formuliert zumindest ein Ergebnis (DSI-AI: Niveau 1). Nur wenige Gruppen (3,1%, n = 2) sind gar nicht in der Lage, eine Analyse & Interpretation von Daten im Pre-Interview zu artikulieren (DSI-AI: Niveau 0).

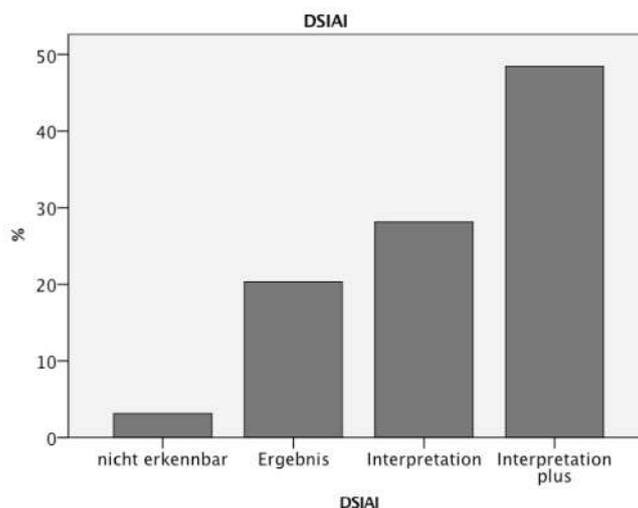


Abb. 28: Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten (DSI-AI) (n = 64)

Bei der Kompetenz zur Erkenntnisgewinnung zeigen sich folglich auffällige Unterschiede zwischen der Kompetenz zu naturwissenschaftlichen Fragen (Abb. 25) und den Kompetenzen zu Untersuchungsplanung (Abb. 26, Abb. 27) und zur Analyse & Interpretation von Daten (Abb. 28). Während es bei der Kompetenz zu naturwissenschaftlichen Fragen eine Tendenz

zur Mitte (DSI-F: Niveau 1 und 2) gibt, ist bei den Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung sowie Analyse & Interpretation eine Tendenz zu den höheren bzw. sogar höchsten Niveaus vorhanden

Für das Wissen über Erkenntnisgewinnung zeigt sich, dass für jeden der drei Bereiche viele Probanden-Gruppen nicht in der Lage sind, im Pre-Interview kategorisierbares Wissen zu artikulieren. Im Bereich Wissen über naturwissenschaftliche Fragen (Abb. 29) ist etwa ein Drittel aller Gruppen ($n = 24$; 37,5%) nicht in der Lage, ein solches Wissen im Pre-Interview zu artikulieren. Etwa ein Viertel ($n = 18$; 28,1%) der Gruppen kann nur beschreiben, dass eine Frage Teil des naturwissenschaftlichen Prozesses der Erkenntnisgewinnung ist (USI-F: Niveau 1). Die höheren Niveaus USI-F-2 ($n = 13$; 20,3) und USI-F-3 ($n = 9$; 14,1%) werden überwiegend durch die Nennung von zwei Merkmalen erreicht. So nennen 25,0% ($n = 16$) der Gruppen als Merkmal die Leitfunktion einer Frage für den weiteren Prozess der Erkenntnisgewinnung. 15,6% ($n = 10$) der Gruppen nennen die Eigenschaft der Nachvollziehbarkeit als Merkmal. Außerdem werden zwei Merkmale aus dem Bereich der sonstigen Aussagen genannt: Die Frage nach Zusammenhängen (6,3%, $n = 4$) und die zyklische Rückkehr zur Frage (3,1%, $n = 2$). Damit zeigt sich also auch in der Gruppe derer, die Wissen über naturwissenschaftliche Fragen artikulieren, eine homogene Begrenzung auf die Nennung einiger weniger Merkmale.

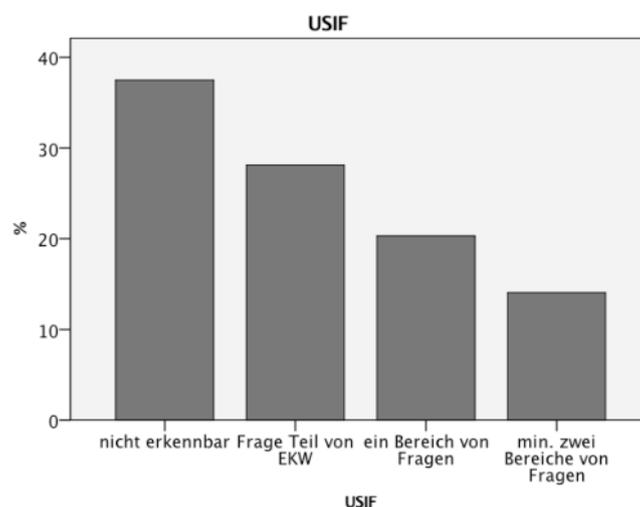


Abb. 29: Wissen der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Fragen (USI-F)

Im Bereich des Wissens über naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (Abb. 30) ist knapp ein Drittel aller Gruppen ($n = 19$; 29,7%) können kein solches Wissen im Pre-Interview artikulieren. Etwa ein Viertel ($n = 17$; 26,6%) der Gruppen kann nur beschreiben, dass eine Untersuchungsplanung Teil des naturwissenschaftlichen Prozesses der Erkenntnisgewinnung ist (USI-UP: Niveau 1). Die höheren Niveaus USI-UP-2 ($n = 22$; 34,4%) und USI-UP-3

5.3 Ergebnisse

($n = 6$; 9,4%) werden durch die Nennung einer Vielfalt an Merkmalen erreicht, wobei drei Merkmale deutlich häufiger genannt werden. So führen insbesondere die Nennung einer Messwiederholung (15,6%, $n = 10$), einer Variablenkontrolle (12,5%, $n = 8$) und die Einhaltung konstanter Bedingungen (10,9%, $n = 7$) zu einer solchen Einstufung. Diese drei Merkmale fallen alle in einen Unterbereich des Wissens über Eigenschaften naturwissenschaftlicher Untersuchungen. Seltener genannt werden als weitere Eigenschaften die Festlegung der Dauer (3,1%, $n = 2$), die Nutzung einer Referenz (1,6%, $n = 1$), die Festlegung der Stichprobe (1,6%, $n = 1$) und die Notwendigkeit von Reproduzierbarkeit (1,6%, $n = 1$). Der Unterbereich der Funktionen eines Untersuchungsdesigns wird nur selten genannt (Zusammenhänge finden: 4,7%, $n = 3$, Fakten finden: 3,1%, $n = 2$). Als einzige sonstige Aussage wird die Nutzung verschiedener Untersuchungen zur Beantwortung derselben Frage genannt (3,1%, $n = 2$). Das Wissen über Untersuchungsplanungen ist also überwiegend eingeschränkt auf den Bereich der Eigenschaften, während globalere Aussagen zu Funktionen und sonstigen Bedingungen der Untersuchungsplanung kaum getätigt werden.

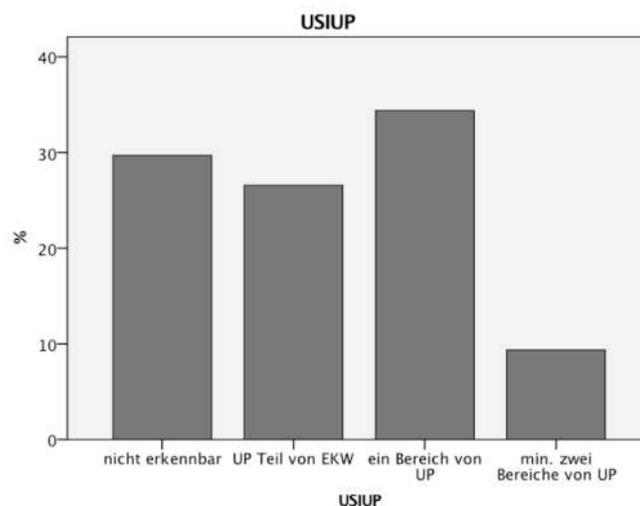


Abb. 30: Wissen der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (USI-UP) ($n = 64$)

Das Wissen über naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten (Abb. 31) wird besonders selten und besonders eingeschränkt im Pre-Interview artikuliert. Fast zwei Drittel aller Gruppen ($n = 42$; 65,6%) artikulieren kein Wissen über naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation. Etwa jede achte Gruppe ($n = 9$; 14,1%) ist nur in der Lage zu beschreiben, dass Analyse & Interpretation Teil des naturwissenschaftlichen Prozesses der Erkenntnisgewinnung sind (USI-AI: Niveau 1). Nur wenige Gruppen erreichen die höheren Niveaus DSI-AI-2 ($n = 12$; 18,8%) und DSI-AI-3 ($n = 1$; 1,6%). Von diesen wird mit zwei Ausnahmen die Funktion genannt, dass aus den Daten Schlussfolgerungen gezogen werden müssen (17,2%, $n = 11$). Die beiden weiteren Aussagen beziehen sich auf die jeweils einmalige Nennung der

Eigenschaften Generalisierbarkeit (1,6%, $n = 1$) und Sicherheit (1,6%, $n = 1$). Damit zeigt sich auch im Bereich des Wissens über naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten die Beschränkung des Wissens auf einige wenige Merkmale; hier nahezu ausschließlich auf die Funktion.

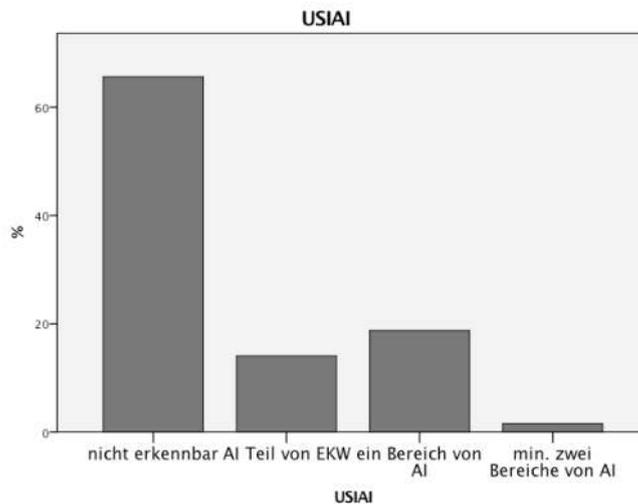


Abb. 31: Wissen der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten (USI-AI) ($n = 64$)

In den Teilbereichen Fragen sowie Analyse & Interpretation von Daten zeigt sich somit eine Fokussierung des Wissens auf die grundsätzliche Funktion dieser Bereiche (USI-F: Leitfunktion, USI-AI: Schlussfolgerungen aus Daten ziehen). Im Teilbereich des Wissens über naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (USI-UP) werden überwiegend die Eigenschaften von naturwissenschaftlichen Untersuchungen genannt.

Vergleicht man nun das Wissen und die Kompetenz der Probandengruppen zur Erkenntnisgewinnung, zeigt sich als erster Trend, dass mehr Probandengruppen in der Lage scheinen, ihre Kompetenz anzuwenden als ihr Wissen zu artikulieren. Dies gilt insbesondere für die Bereiche naturwissenschaftliche Fragen und naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten. Für den Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung ist auffällig, dass zwar über ein Drittel der Probanden eine die Qualität steigernde Eigenschaft nennt (USI-UP, Abb. 30), aber nur etwa ein Fünftel solche Eigenschaften tatsächlich zur Anwendung bringen (DSI-UP, Abb. 26, Niveau 2b und 3b). Insgesamt besitzen die Probanden jedoch Kompetenzen und Wissen, die ihnen die Teilnahme an der Experimentierstation und dortige Eigenständigkeit ermöglichen können.

5.3.2 Ergebnisse zu F2: Verhalten an der Experimentierstation „ECce!“

Die Experimentierphase dauert im Durchschnitt 40,41 Minuten ($SD = 15,28$; $MIN = 16,72$; $MAX = 98,77$). Davon entfallen auf die Demonstrationsexperimente im Durchschnitt 8,93 Minuten ($SD = 3,22$; $MIN = 2,33$; $MAX = 15,55$). Die Phase der Fragenentwicklung dauert

5.3 Ergebnisse

im Durchschnitt 5,18 Minuten (SD = 1,90; MIN = 2,65; MAX = 11,00). Die freie Experimentierphase dauert im Durchschnitt 26,29 Minuten (SD = 14,61; MIN = 0,00; MAX = 85,25)¹⁸.

5.3.2.1 Makro-Ebene: Fragen der Probanden während der Fragenentwicklung

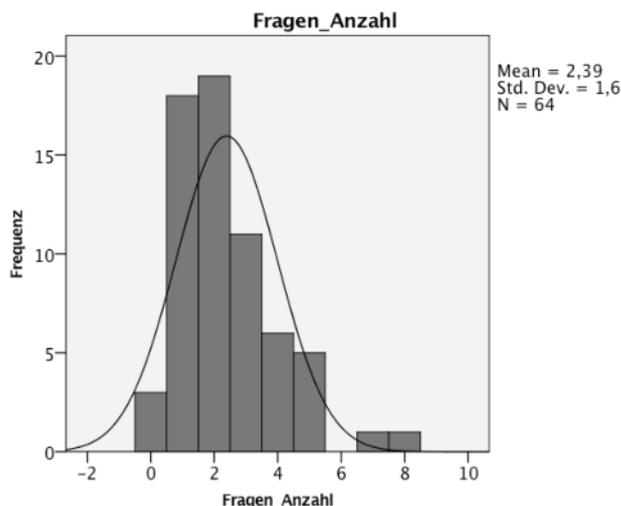


Abb. 32: Anzahl der Gruppen, die eine bestimmte Anzahl unterschiedlicher Fragen formulieren

In der Phase der Fragenentwicklung formulieren die Gruppen im Durchschnitt 2,39 Fragen (SD = 1,60; MEAN = 2; MIN = 0; MAX = 8; MED = 2). Es werden unterschiedlich häufig Fragen zu den verschiedenen Untersuchungszielen gestellt (Tab. 8). Am häufigsten formulieren die Gruppen eine (n = 18), zwei (n = 19) oder drei (n = 11) Fragen. Die Anzahl der Gruppen, die eine bestimmte Anzahl an Fragen stellt, ist annähernd normalverteilt (Abb. 32). Am häufigsten gestellt werden Fragen nach den Reaktionspartnern (n = 47), nach dem Ursprung der Färbung (n = 26), nach der Art des entstehenden Gases (n = 22), nach dem Ursprung des Aromas (n = 14) und nach dem Volumen des entstehenden Gases (n = 14).

Tab. 8: In der Fragenentwicklung gestellte Fragen

Untersuchungsziel	Anzahl Gruppen, die passende Fragen zu diesem Untersuchungsziel in der Fragenentwicklung stellen
Reaktionspartner	47
Gas (qualitativ)	22
Farbe	26
pH-Wert	1
Temperatur (Differenz)	3
Aroma	14
Lösungsmittel	3
Temperaturänderung (Ursache)	8
Gas (quantitativ)	14
Volumenänderung (Differenz)	8
Massenänderung (Differenz)	1
Sonstiges	9

¹⁸ Der Minimalwert in der freien Experimentierphase von 0,00 Minuten kommt zustande durch eine Gruppe, die sich nach der Fragenentwicklung entscheidet, Waffeln essen zu gehen.

5.3.2.2 Makro-Ebene: Untersuchungen während der freien Experimentierphase

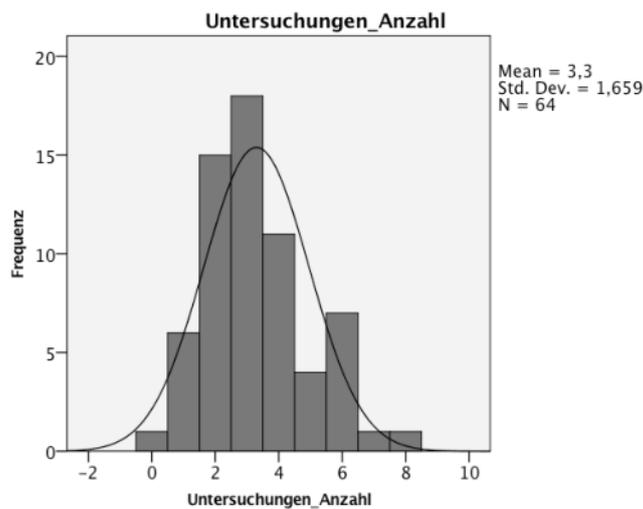


Abb. 33: Anzahl der Gruppen, die eine bestimmte Anzahl unterschiedlicher Untersuchungen durchführen

In der freien Experimentierphase führen die Gruppen im Durchschnitt 3,31 Untersuchungen (SD = 1,65; MEAN = 3; MIN = 0; MAX = 8; MED = 3) durch. Am häufigsten führen die Gruppen zwei (n = 14), drei (n = 19) oder vier (n = 11) Untersuchungen durch. Am gängigsten werden Untersuchungen zu den Reaktionspartnern (n = 52), zur Art des entstehenden Gases (n = 48), zu der Färbung (n = 21), zum pH-Wert (n = 18) und zum Volumen des entstehenden Gases (n = 15) durchgeführt.

Tab. 9: In der Fragenentwicklung gestellte Fragen und in der Experimentierphase durchgeführte Untersuchungen

Untersuchung	Anzahl Gruppen, die Untersuchung durchführen
Reaktionspartner	52
Gas (qualitativ)	48
Farbe	21
pH-Wert	18
Temperatur (Differenz)	12
Aroma	10
Lösungsmittel	9
Temperaturänderung (Ursache)	7
Gas (quantitativ)	15
Volumenänderung (Differenz)	4
Massenänderung (Differenz)	4
Sonstiges	10

Wird betrachtet, welche Kombinationen von Untersuchungen von vielen Gruppen durchgeführt werden, zeigt sich, dass die beiden populärsten Untersuchungen auch die populärste Kombination sind. Von n = 40 Gruppen werden sowohl die Untersuchung der Reaktionspartner als auch die qualitative Untersuchung des Gases durchgeführt. Eine weitere häufige Kombination sind die Untersuchung von Reaktionspartnern und dem pH-Wert durch dieselbe Gruppe (n = 14), die qualitative und quantitative Untersuchung des Gases (n = 15; z.T. hintereinander und z.T. parallel) sowie die Untersuchungen von Farbe und Aroma (n = 8).

5.3 Ergebnisse

Die Untersuchungen werden nicht nur unterschiedlich häufig durchgeführt. Sie dauern auch unterschiedlich lang (Tab. 10). Bei der Berechnung der durchschnittlichen Dauer wurden nur Untersuchungen betrachtet, die auf einen Sachverhalt abzielen (z.B. Untersuchung der Reaktionspartner), während Untersuchungen, die auf mehrere Sachverhalte abzielen (z.B. Untersuchung der Reaktionspartner und des entstehenden Gases) nicht für die Berechnung der durchschnittlichen Dauer einbezogen wurden. Dadurch kommt es bezüglich der Häufigkeiten der Untersuchungen zu Abweichungen zwischen Tab. 11 und Tab. 10. Eine Ausnahme bildet die Kombination der qualitativen und quantitativen Untersuchung des Gases. Da diese Kombination von $n = 10$ Gruppen durchgeführt wurde, wird hier ebenfalls eine durchschnittliche Dauer berechnet. Die Untersuchungen mit der längsten durchschnittlichen Dauer sind die qualitative und quantitative Untersuchung des Gases (15,88 min), die Untersuchung der Reaktionspartner (13,44 min), die qualitative Untersuchung des Gases (10,70 min) und die Untersuchung der Ursache der Temperaturänderung (8,93 min). Die durchschnittliche Dauer dieser Untersuchungen weist jeweils auch eine große Standardabweichung auf. Die Untersuchungen mit der kürzesten durchschnittlichen Dauer sind die Untersuchung des Aromas (2,15 min), die Untersuchung der Farbe (2,42 min) und die Untersuchung der Volumenänderung (3,45 min). Auch hier zeigen sich große relative Standardabweichungen.

Tab. 10: Dauer der am häufigsten durchgeführten Untersuchungen

Untersuchung	Anzahl Gruppen, die diese Untersuchung durchführen	Durchschnittliche Dauer der Untersuchung in min (SD; MIN; MAX)
Reaktionspartner	50	13,44 (5,93; 0,82; 28,02)
Gas (qualitativ)	35	10,70 (5,86; 0,73; 22,22)
Farbe	21	2,42 (2,75; 0,57; 11,72)
pH-Wert	17	6,15 (4,41; 1,12; 19,48)
Temperatur (Differenz)	12	4,10 (3,23; 1,88; 13,93)
Gas (qualitativ und quantitativ)	12	15,88 (4,92; 9,35; 27,10)
Aroma	9	2,15 (1,95; 0,13; 5,70)
Lösungsmittel	9	5,11 (3,39; 1,82; 10,60)
Temperaturänderung (Ursache)	7	8,93 (5,51; 2,43; 18,48)
Gas (quantitativ)	5	5,81 (2,23; 3,05; 8,68)
Volumenänderung (Differenz)	4	3,45 (2,28; 1,42; 6,72)
Massenänderung (Differenz)	4	7,05 (3,96; 3,15; 11,08)
Sonstiges	15	3,29 (2,39; 0,65; 8,17)

5.3.2.3 Makro-Ebene: Zusammenhänge zwischen Fragen und Untersuchungen

Bei rein quantitativer Betrachtung der Zusammenhänge zwischen gestellten Fragen in der Phase der Fragenentwicklung und durchgeführten Untersuchungen in der freien Experimentierphase zeigt eine zweiseitige Spearman-Korrelation, dass die Anzahl der gestellten Fragen hochsignifikant mit mittlerer Effektstärke mit der Anzahl der durchgeführten Untersuchungen korreliert ($r = 0,506$, $p < 0,001$) (Bühl, 2010). Es bestehen einige Gemeinsamkeiten mit und Unterschiede zu den am häufigsten gestellten Fragen (Tab. 11). Für die Untersuchungsziele

Reaktionspartnern, Färbung und Volumen des entstehenden Gases stellen ähnlich viele Gruppen die entsprechenden Fragen wie auch Untersuchungen durchgeführt werden. Für die Untersuchungsziele Art des entstehenden Gases und den pH-Wert untersuchen deutlich mehr Gruppen diese als Gruppen zunächst diese Fragen gestellt hatten.

Tab. 11: In der Fragenentwicklung gestellte Fragen und in der Experimentierphase durchgeführte Untersuchungen

Untersuchung	Anzahl Gruppen, die passende Frage in der Fragenentwicklung stellen	Anzahl Gruppen, die Untersuchung durchführen	Anzahl Gruppen, die passende Frage stellen und passende Untersuchung durchführen
Reaktionspartner	47	52	42
Gas (qualitativ)	22	48	20
Farbe	26	21	12
pH-Wert	1	18	1
Temperatur (Differenz)	3	12	3
Aroma	14	10	7
Lösungsmittel	3	9	2
Temperaturänderung (Ursache)	8	7	5
Gas (quantitativ)	14	15	14
Volumenänderung (Differenz)	8	4	4
Massenänderung (Differenz)	1	4	1
Sonstiges	9	10	3

Betrachtet man die Zusammenhänge qualitativ, zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Reihenfolge der durchgeführten Untersuchungen und den in der Fragenentwicklung gestellten Fragen. Dieser Trend lässt sich besonders deutlich bei den beiden am häufigsten durchgeführten Untersuchungen (Reaktionspartner, Gas (qual.)) erkennen. Es zeigt sich, dass deutlich häufiger zuerst die Reaktionspartner untersucht werden ($n = 29$). Hier zeigt sich auch ein Zusammenhang mit den in der Fragenentwicklung gestellten Fragen. Von $n = 24$ Gruppen, die nur die Frage nach den Reaktionspartnern stellen, beginnen $n = 23$ Gruppen (95,8%) mit auch dieser Untersuchung. Von $n = 5$ Gruppen, die nur die Frage nach der Art des Gases stellen, beginnen $n = 4$ Gruppen (80,0%) mit dieser Untersuchung.

Eine weitere häufige Kombination ist die Kombination aus der Untersuchung der Reaktionspartner und des pH-Wertes. Bezogen auf die Gesamtzahl der $n = 18$ Gruppen, die den pH-Wert untersuchen, führen 77,7% ($n = 14$) Gruppen beide Untersuchungen durch. Davon führen $n = 12$ (85,7%) der Gruppen zunächst die Untersuchung der Reaktionspartner und anschließend die Untersuchung des pH-Wertes durch. Da nur eine Gruppe in der Fragenentwicklung die Frage nach dem pH-Wert stellt, können hier keine Zusammenhänge zwischen der Fragenentwicklung und der Reihenfolge der Untersuchungen aufgezeigt werden. Es lässt sich jedoch postulieren, dass die Frage nach dem pH-Wert aus der Untersuchung der Reaktionspartner abgeleitet wird, da die Untersuchung des pH-Wertes in $n = 8$ Fällen direkt auf die Untersuchung der Reaktionspartner folgt.

Die Untersuchung des Aromas und die Untersuchung der Farbe treten bezogen auf die Untersuchung des Aromas ebenfalls häufig zusammen auf. Von $n = 8$ Gruppen werden beide Untersuchungen durchgeführt. Das entspricht 80,0% aller Gruppen, die das Aroma untersuchen. Hiervon untersuchen $n = 5$ Gruppen zuerst die Farbe und anschließend das Aroma, $n = 2$ Gruppen führen beide Untersuchungen gleichzeitig durch und $n = 1$ Gruppe untersucht zunächst das Aroma. Hier lassen sich jedoch keine Zusammenhänge zwischen in der Fragenentwicklung gestellten Fragen und Reihenfolge der Untersuchungen feststellen.

5.3.2.4 Meso- und Mikro-Ebene: Kommunikation über Erkenntnisgewinnung bei ausgewählten Untersuchungszielen

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den Verläufen der Kommunikation bei den einzelnen Untersuchungen präsentiert. Diese wurden erhalten, indem zunächst die Kommunikation während der gesamten freien Experimentierphase mittels deduktiver qualitativer Inhaltsanalyse in ELAN kodiert und dann die exportierten Kodierungen mittels eines Python-Skripts in Kommunikationsgraphen umgewandelt wurden (vgl. 5.2.4). Es kann bei der Betrachtung der einzelnen Untersuchungen zu einer Abweichung der Anzahl der betrachteten Untersuchungen im Vergleich zu Tab. 10 kommen. Dies liegt darin begründet, dass die Probanden in einigen wenigen Fällen über mehrere Untersuchungen gleichzeitig kommunizieren. Diese Untersuchungen werden nicht betrachtet. Zunächst wird ein Überblick über die Kodierungen auf Mikro-Ebene gegeben. Anschließend werden prototypische Kommunikationsstrukturen für diese Untersuchung auf Meso-Ebene präsentiert. Ein Überblick über die prototypischen Kommunikationsstrukturen und ihre Häufigkeiten für jede Untersuchung findet sich in Tab. 12. Die Ergebnisse werden von der häufigsten zur seltensten Untersuchung dargestellt. Innerhalb einer Untersuchung werden die Prototypen in der Reihenfolge absteigender Häufigkeit dargestellt. Alle Kommunikationsgraphen finden sich sortiert nach Fällen in „Anhang VI: Kommunikationsgraphen“.

Tab. 12: Überblick über die Anteile und Häufigkeiten der Kommunikationsstruktur-Prototypen an einzelnen Untersuchungen

	Linear	Linear ohne Frage	Linear ohne Experiment	Oszillierend	Oszillierend mit Rückkehr zur Frage	Unvollständig
Reaktionspartner (n = 52)	7,7% (4)	1,9% (1)	-	53,8% (28)	36,5% (19)	-
Gas (qualitativ) (n = 36)	41,7% (15)	8,3% (3)	-	44,4% (16)	-	5,6% (2)
Farbe (n = 20)	10,0% (2)	-	60,0% (12)	5,0% (1)	-	25,0% (5)
pH-Wert (n = 17)	41,2% (7)	11,8% (2)	-	29,4% (5)	-	17,7% (3)
Temperatur (Differenz) (n = 10)	50,0% (5)	40,0% (4)	-	-	-	10,0% (1)
Gas (qualitativ und quantitativ) (n = 10)	-	-	-	-	100,0% (10)	-
Aroma (n = 8)	37,5% (3)	-	50,0% (4)	-	-	12,5% (1)
Einfluss Lösungsmittel (n = 9)	77,8% (7)	-	-	22,2% (2)	-	-
Temperaturänderung (Ursache) (n = 7)	57,1% (4)	-	-	42,9% (3)	-	-
Gas (quantitativ) (n = 5)	100,0% (5)	-	-	-	-	-
Volumenänderung (Differenz) (n = 4)	100,0% (4)	-	-	-	-	-
Massenänderung (Differenz) (n = 4)	100,0% (4)	-	-	-	-	-

Reaktionspartner

Die n = 50 Untersuchungen, die nur auf die Identifizierung der Reaktionspartner abzielen, beginnen mit einer Ausnahme (140830_0058) allesamt mit einer Fragestellung (n = 49). Diese ist in den meisten Fällen (n = 33) zu Beginn der Untersuchung allerdings unspezifisch formuliert (DSI-F: Niveau 1, z.B. „Wieso es blubbert?“; 160117_0057). In n = 14 ist sie zu Beginn der Untersuchung so formuliert, dass sie auf die Untersuchung eines Zusammenhangs (DSI-F: Niveau 3; „Welche Stoffe sind für die Bläschenbildung zuständig?“; 713_0077) abzielt. In fast allen Fällen (n = 47) wird eine Untersuchung geplant, die der Ermittlung von Zusammenhängen dient (DSI-UP: Niveau 3; überwiegend vergeben für das Testen einzelner Stoffe oder Stoffe im Hinblick auf Gasbildung bei Zugabe von Wasser). In allen Fällen findet eine Kommunikation über Analyse & Interpretation der Daten statt. In den meisten Fällen (n = 34) findet an einem Punkt der Untersuchung eine Kommunikation auf dem höchsten Niveau (DSI-AI: Niveau 3) statt. Dieses wird überwiegend vergeben, weil eine Generalisierung der Schlussfolgerungen (d.h. die Übertragung auf Carbonate und Säuren im Allgemeinen) vollzogen wird.

Bei der Betrachtung der Kommunikationsgraphen lassen sich überwiegend drei Prototypen erkennen. Der häufigste Prototyp „Reaktionspartner oszillierend“ (Abb. 34) zeichnet sich durch einen mehr als einmal erfolgenden Wechsel zwischen Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation aus. Er findet sich in n = 28 Fällen. Die Untersuchungen beginnen immer mit einer Fragestellung, zu der aber im späteren Untersuchungsverlauf nicht zurückgekehrt wird. Stattdessen wechseln die Probanden zwischen Kommunikation über die

5.3 Ergebnisse

Untersuchungsplanung und Kommunikation über die Analyse & Interpretation der erhaltenen Daten. Dieser Wechsel geschieht vor allem, wenn zunächst kein positives Ergebnis (Gasbildung) festgestellt werden konnte und/ oder wenn nach einem positiven Ergebnis ähnliche Stoffgemische getestet werden sollen. Die Untersuchungen dauern überwiegend 10 bis 15 Minuten.

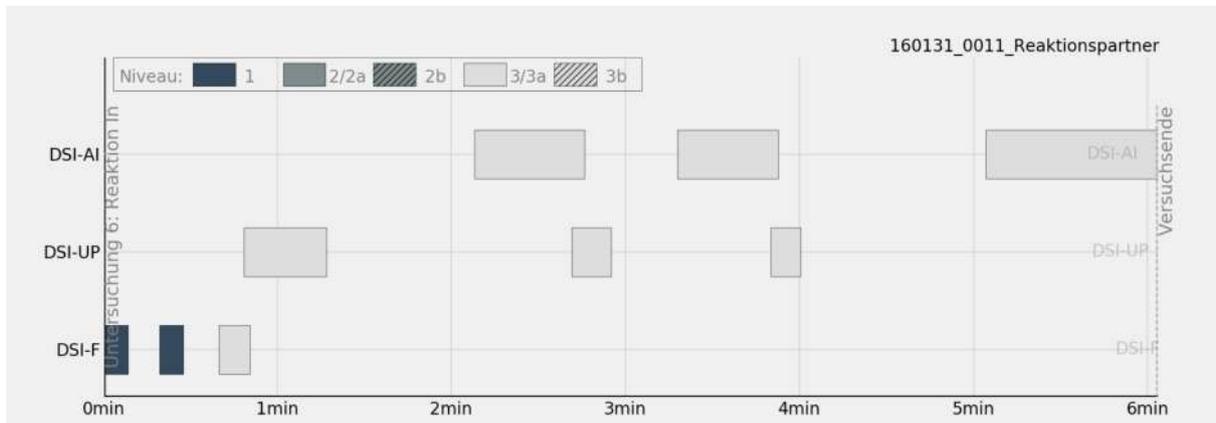


Abb. 34: Untersuchung Reaktionspartner (Prototyp "Reaktionspartner oszillierend")

Der zweithäufigste Prototyp „Reaktionspartner oszillierend mit Rückkehr zur Frage“ (Abb. 35) zeichnet sich durch ein mehr als einmaliges Durchlaufen des gesamten Forschungszyklus aus. Er findet sich in $n = 19$ Fällen. Die Probanden stellen zunächst eine Frage, planen eine Untersuchung und analysieren und interpretieren ihre Daten. Daraufhin kehren sie mindestens einmal zur Frage zurück, planen erneut eine Untersuchung und analysieren und interpretieren die Daten. Die Rückkehr zur Fragestellung ist häufig mit einer Verbesserung der Formulierung der Fragestellung verbunden. Wird zunächst eine Frage auf dem Niveau DSI-F-1 (z.B. „Wieso es blubbert?“; 160117_0057) formuliert, wird im Verlaufe der Forschungszyklen die Frage schließlich auf dem Niveau DSI-F-3 (z.B. „Welche Inhaltsstoffe führen zu der Gasbildung?“; 160117_0057) formuliert. Die Untersuchungen dauern überwiegend 10 bis 15 Minuten, in einigen Fällen auch bis zu 25 Minuten.

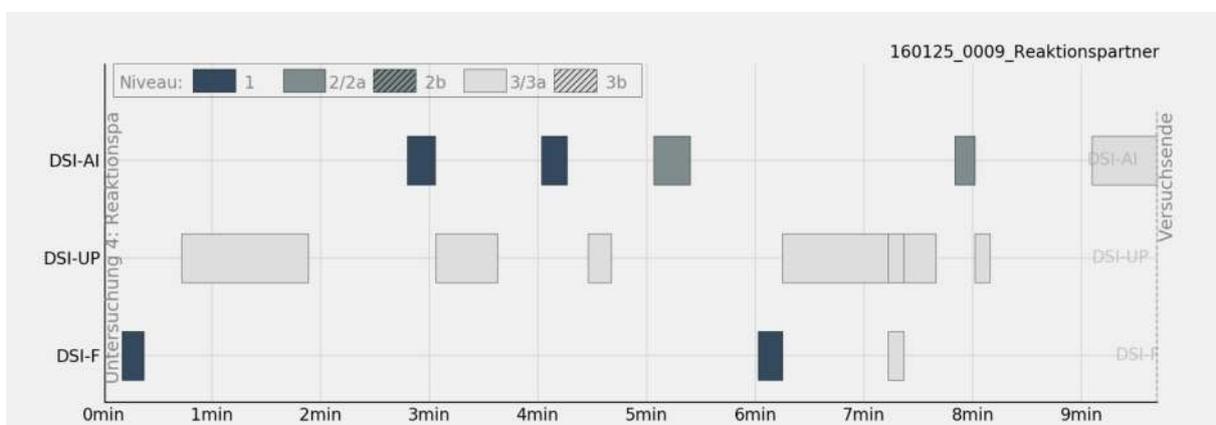


Abb. 35: Untersuchung Reaktionspartner (Prototyp "Reaktionspartner oszillierend mit Rückkehr zur Frage")

Der dritthäufigste Prototyp „Reaktionspartner linear“ (Abb. 36) zeichnet sich durch eine nahezu lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich in $n = 4$ Fällen. Die Probanden kommunizieren zunächst über die Fragestellung, planen dann eine Untersuchung und kommunizieren anschließend über die Analyse & Interpretation der Daten. Die Untersuchungen dauern überwiegend 5 bis 10 Minuten.

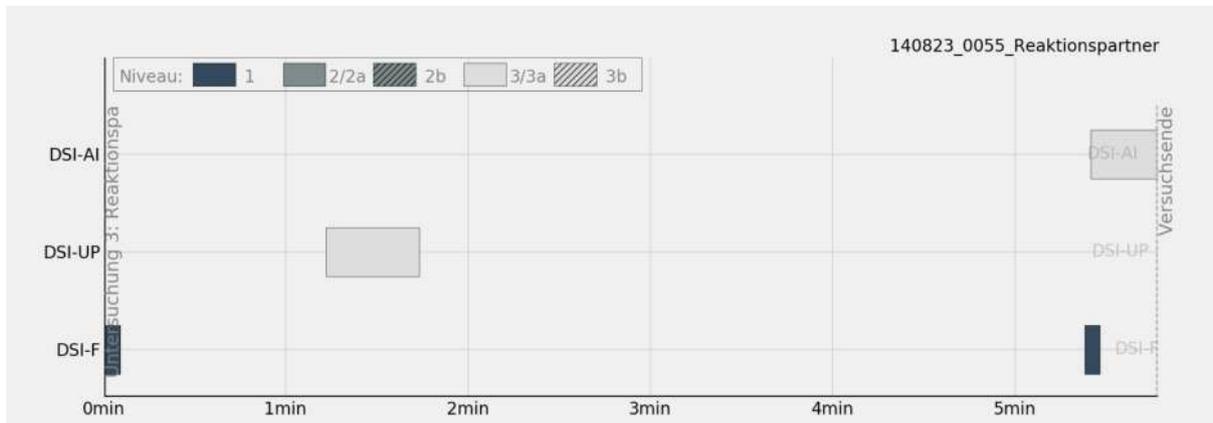


Abb. 36: Untersuchung Reaktionspartner (Prototyp "Reaktionspartner linear")

Es gibt einen Fall ohne Fragestellung (140830_0058). Dieser fällt unter den Prototyp linear ohne Fragestellung.

Gas (qualitativ)

Die $n = 36$ Untersuchungen, die nur auf die Identifizierung des Gases abzielen, beginnen überwiegend mit einer Fragestellung ($n = 31$). Diese ist in den meisten Fällen ($n = 27$) die passende Fragestellung nach einem Fakt (DSI-F: Niveau 2, z.B. „Welches Gas entsteht?“). In fast allen Fällen ($n = 34$) wird eine Untersuchung geplant, die der Ermittlung von Fakten dient (DSI-UP: Niveau 2, z.B. Testen der Brennbarkeit) und somit zur Fragestellung passt. Ebenfalls in fast allen Fällen ($n = 34$) findet eine Kommunikation über Analyse & Interpretation der Daten statt. In den meisten Fällen ($n = 33$) findet an einem Punkt der Untersuchung eine Kommunikation auf dem höchsten Niveau (DSI-AI: Niveau 3) statt. Dieses Niveau wird überwiegend dafür vergeben, dass Vorwissen über den Nachweis von Gasen in die Interpretation einbezogen wird (z.B. Flamme wurde erstickt. Kohlenstoffdioxid erstickt Flammen. Daher ist Gas Kohlenstoffdioxid).

Bei Betrachtung der Kommunikationsgraphen lassen sich vier Prototypen erkennen. Der häufigste Prototyp „Gas (qual.) oszillierend“ (Abb. 37) zeichnet sich durch einen mehr als einmal erfolgenden Wechsel zwischen Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation aus. Er findet sich in $n = 16$ Fällen. Die Untersuchungen beginnen immer mit einer Fragestellung, zu der aber im späteren Untersuchungsverlauf nicht zurückgekehrt wird. Stattdessen wechseln die Probanden zwischen Kommunikation über die Untersuchungsplanung und Kommunikati-

5.3 Ergebnisse

on über die Analyse & Interpretation der erhaltenen Daten. In $n = 11$ Fällen kommt die Oszillation dadurch zustande, dass die Probanden zunächst über den Nachweis durch die Glimmspanprobe kommunizieren und anschließend über den Nachweis mit Calciumhydroxidlösung („Kalkwasserprobe“). In den anderen $n = 5$ Fällen wird darüber kommuniziert, die Glimmspanprobe erneut durchzuführen. Etwa zwei Drittel ($n = 11$) der Untersuchungen dieses Typs dauern über zehn Minuten.

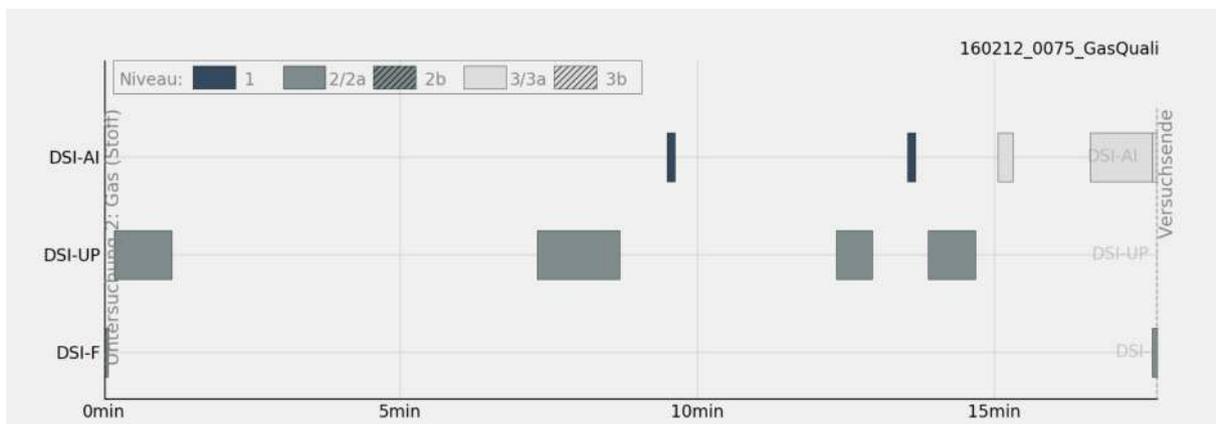


Abb. 37: Untersuchung Gas (qual.) (Prototyp "Gas (qual.) oszillierend")

Der zweithäufigste Prototyp „Gas (qual.) linear“ (Abb. 38) zeichnet sich durch eine nahezu lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich in $n = 15$ Fällen. Die Probanden kommunizieren zunächst über die Fragestellung, planen dann eine Untersuchung und kommunizieren anschließend über die Analyse & Interpretation der Daten. Etwa zwei Drittel der Untersuchungen dieses Typs dauern zwischen fünf und zehn Minuten.

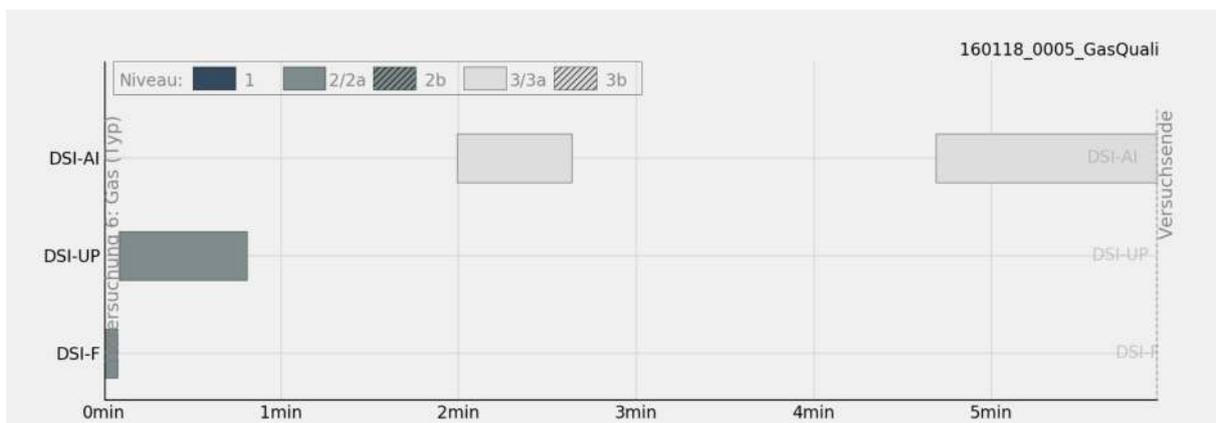


Abb. 38: Untersuchung Gas (qual.) (Prototyp "Gas (qual.) linear")

Der dritthäufigste Prototyp „Gas (qual.) ohne Frage“ ($n = 3$) und der vierthäufigste Prototyp „Gas (qual.) ohne Frage und Analyse“ ($n = 2$) zeichnen sich durch das Fehlen einer Fragestellung aus. Für den Prototyp „Gas (qual.) ohne Frage“ schließen sich mit dem Prototyp „Gas (qual.) oszillierend“ vergleichbare Untersuchungen an. Bei dem Prototyp „Gas (qual.) ohne

Frage und Analyse“ ($n = 2$) wird nur kurz über den Untersuchungsplan gesprochen (Dauer < 2 min) und dann zu einer anderen Untersuchung übergegangen.

Farbe

Die $n = 20$ Untersuchungen zur Farbe der Brausetabletten-Lösung beginnen überwiegend ($n = 16$) mit einer Fragestellung. Diese ist allerdings nur in einem Fall (160129_0068) im Sinne eines Zusammenhangs zwischen in Lösung gehendem Stoff und Färbung der Lösung formuliert. Nur in drei Fällen wird die Kommunikation über Untersuchungsplanung mit > 0 kodiert. Dies ist auf die Entscheidung zurückzuführen, dass das Nachlesen auf der Brausetablettenverpackung nicht als Untersuchungsplanung gewertet wird. In fast allen Fällen ($n = 18$) findet eine Kommunikation über die Analyse & Interpretation statt.

Bei Betrachtung der Kommunikationsgraphen lassen sich fünf Prototypen erkennen. Der häufigste Prototyp „Farbe linear lesen“ (Abb. 39) zeichnet sich durch eine lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich bei $n = 12$ Gruppen. Die Probanden formulieren eine auf die Färbung der Lösung abzielende Fragestellung. Sie lesen die Liste der Inhaltsstoffe und interpretieren, dass die Färbung durch Riboflavin hervorgerufen wird. In allen Fällen dauert die Untersuchung unter drei Minuten.



Abb. 39: Untersuchung Farbe (Prototyp "Farbe linear lesen")

Die anderen Prototypen sind deutlich seltener ($n = 3$ oder weniger). Der Prototyp „Farbe Sofortinterpretation“ zeichnet sich dadurch aus, dass Kommunikation über Fragestellung und Untersuchungsplanung fehlen und direkt interpretiert wird. Er findet sich bei $n = 3$ Fällen. Die Untersuchungen dauern unter zwei Minuten. Der Prototyp „Farbe Abbruch“ zeichnet sich dadurch aus, dass das Problem der Farbe der Lösung angesprochen wird, dann aber von einer weiteren Bearbeitung abgesehen wird. Der Prototyp „Farbe Abbruch“ findet sich bei $n = 2$ Fällen. Die Untersuchungen dauern ebenfalls unter zwei Minuten.

Der Prototyp „Farbe linear experimentell“ (Abb. 40) zeichnet sich durch eine lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich bei $n = 2$ Fällen. In beiden Fällen wird basierend auf

5.3 Ergebnisse

einer auf die Färbung der Lösung abzielende Fragestellung eine experimentelle Untersuchung entwickelt. Die einzelnen Inhaltsstoffe werden in Wasser getestet. In der Analyse & Interpretation wird dann basierend auf dem Ausschlussprinzip auf Riboflavin als Farbstoff geschlossen. Die Untersuchung dauert in beiden Fällen etwa fünf Minuten.

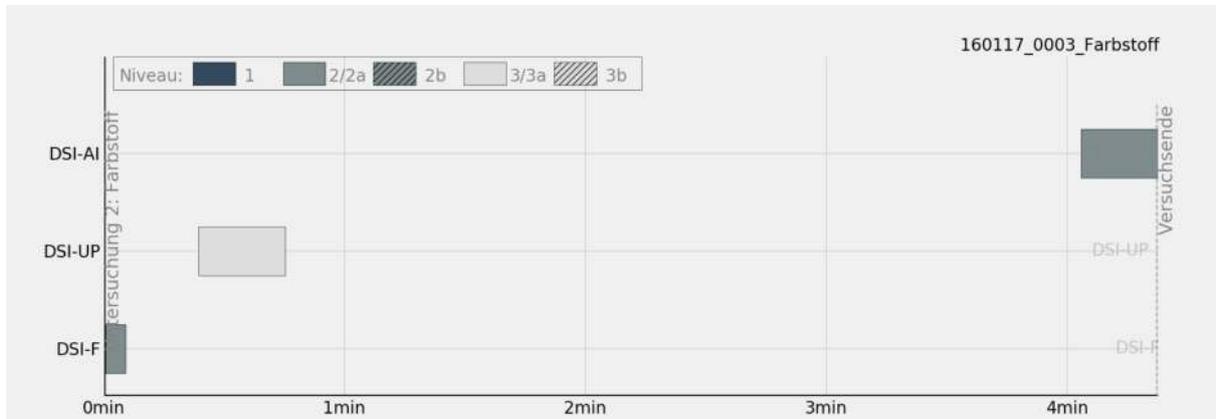


Abb. 40: Untersuchung Farbe (Prototyp "Farbe linear experimentell")

Der Prototyp „Farbe oszillierend experimentell“ (Abb. 41) zeichnet sich durch einen häufigen Wechsel zwischen Kommunikation über Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation aus und findet sich bei $n = 1$ Gruppe. Es wird direkt über die Untersuchungsplanung kommuniziert und zügig eine Untersuchung zur Erfassung eines Zusammenhangs geplant. Diese wird durchgeführt, analysiert und interpretiert. Anschließend wird ein neuer Untersuchungsschritt geplant, erneut durchgeführt und analysiert. Dieser kleine Zyklus wird einige Male wiederholt bis die Untersuchung zu einem Abschluss kommt. Die Untersuchung dauert fast 25 Minuten.

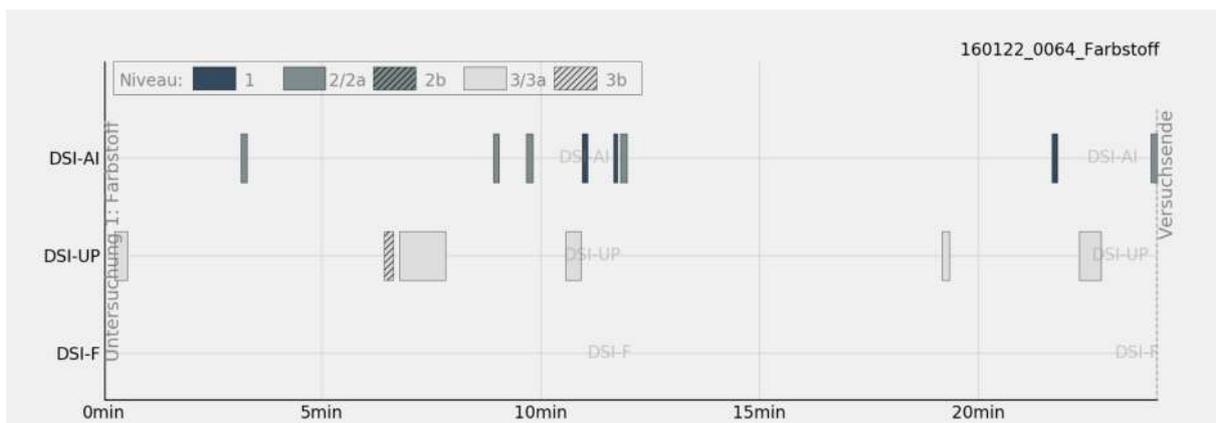


Abb. 41: Untersuchung Farbe (Prototyp "Farbe oszillierend experimentell")

pH-Wert

Die $n = 17$ Untersuchungen, die nur auf die Messung des pH-Wertes abzielen, beginnen überwiegend mit einer Fragestellung ($n = 12$). Diese ist in den meisten Fällen ($n = 10$) die passende Fragestellung nach einem Fakt (DSI-F: 2). In fast allen Fällen ($n = 15$) wird eine Untersuchung geplant, die der Ermittlung von Fakten dient (DSI-UP: 2). Ebenfalls in fast

allen Fällen ($n = 15$) findet eine Kommunikation über Analyse & Interpretation der Daten statt. In den meisten Fällen findet an einem Punkt der Untersuchung eine Kommunikation auf dem höchsten Niveau (DSI-AI: 3; $n = 11$) oder dem zweithöchsten Niveau (DSI-AI: 2, $n = 5$) statt, d.h. in allen Fällen werden die gemachten Beobachtungen bzw. Messungen interpretiert. Bei Betrachtung der Kommunikationsgraphen lassen sich fünf Prototypen erkennen. Der häufigste Prototyp „pH-Wert linear“ (Abb. 42) zeichnet sich durch eine lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich bei $n = 7$ Gruppen. Die Probanden formulieren eine auf den pH-Wert der Lösung abzielende Fragestellung. Sie entwerfen eine passende Untersuchung und analysieren und interpretieren die erhaltenen Daten. Die Untersuchungen dauern mit einer Ausnahme (713_0075, 1 min) etwa fünf Minuten.

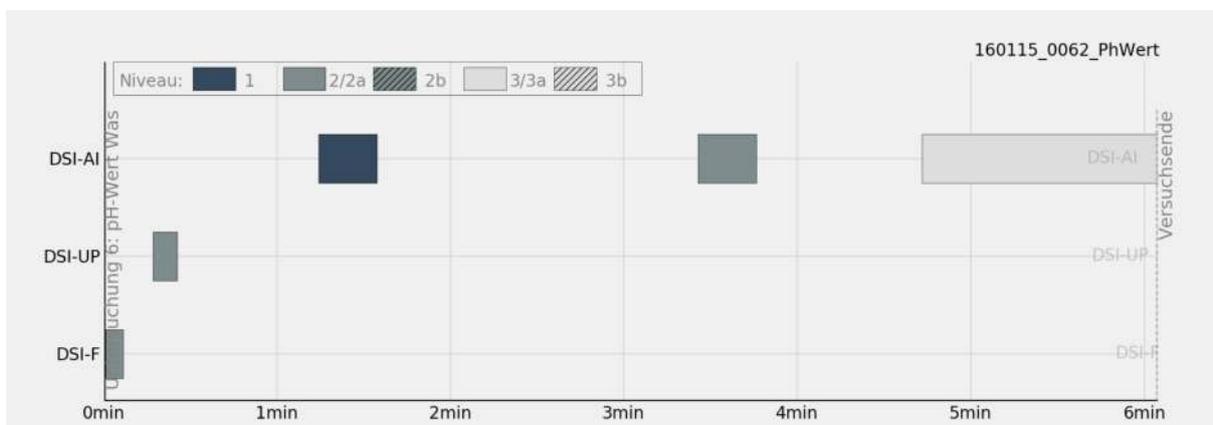


Abb. 42: Untersuchung pH-Wert (Prototyp "pH-Wert linear")

Der zweithäufigste Prototyp „pH-Wert oszillierend“ (Abb. 43) zeichnet sich durch einen mehr als einmal erfolgenden Wechsel zwischen Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation aus. Er findet sich in $n = 5$ Fällen. Die Untersuchungen beginnen immer mit einer Fragestellung, zu der im späteren Untersuchungsverlauf in $n = 2$ Fällen auch noch einmal zurückgekehrt wird. Die Untersuchungen dauern fünf bis zehn Minuten mit einer Ausnahme (160122_0064, 17 Minuten).

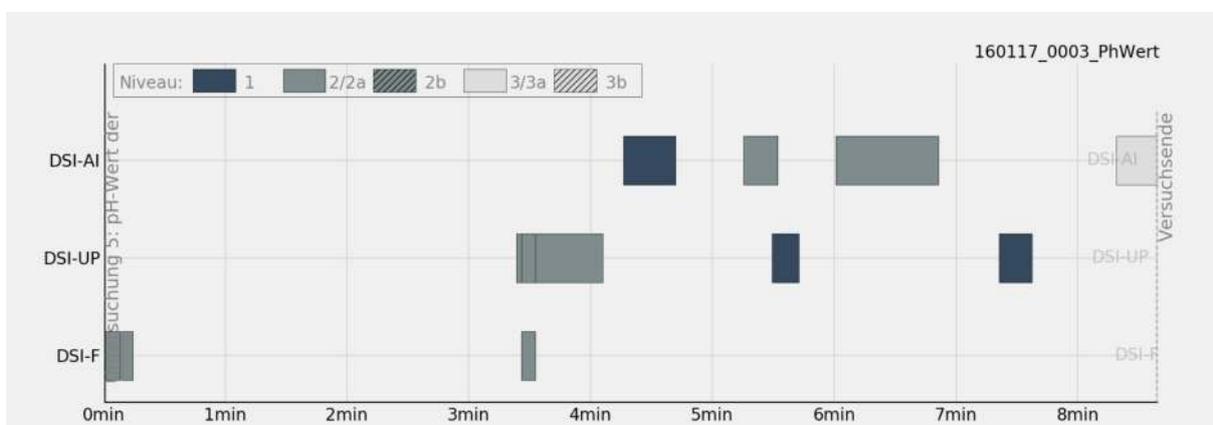


Abb. 43: Untersuchung pH-Wert (Prototyp "pH-Wert oszillierend")

5.3 Ergebnisse

Der dritthäufigste Prototyp „pH-Wert vermutungsbasiert“ (Abb. 44) zeichnet sich durch eine anfängliche Kommunikation über Analyse & Interpretation anstelle einer Fragestellung aus. Er findet sich bei $n = 2$ Fällen. Die Probanden stellen zunächst Vermutungen über das Säure-Base-Verhalten der Stoffe an und kommunizieren dann über die Planung einer Untersuchung zur Überprüfung ihrer Vermutungen, die sie dann durchführen und erneut analysieren und interpretieren.

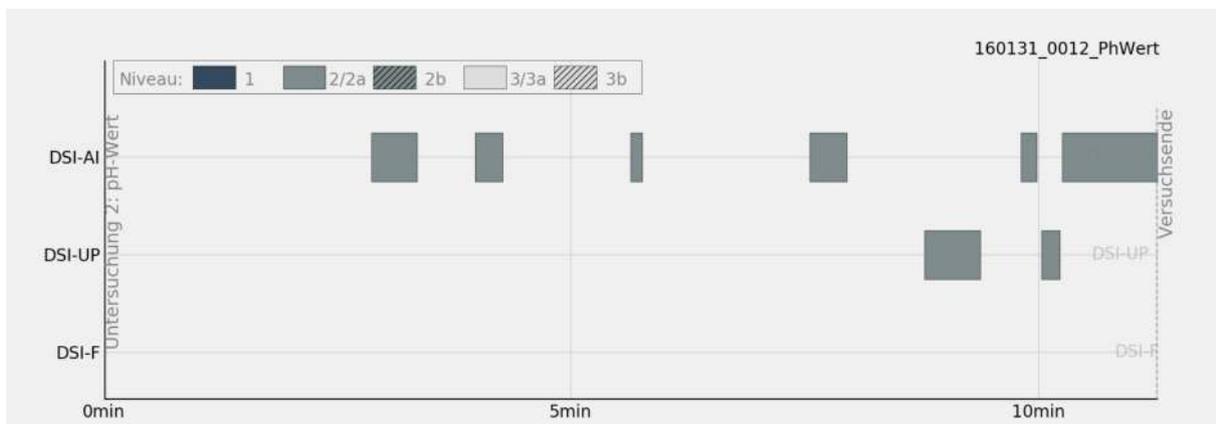


Abb. 44: Untersuchung pH-Wert (Prototyp "pH-Wert vermutungsbasiert")

Genauso häufig wie „pH-Wert vermutungsbasiert“ findet sich der vierte Prototyp „pH-Wert linear ohne Frage“ ($n = 2$). Er entspricht dem zweiten Prototyp „pH-Wert linear“, wobei die anfängliche Fragestellung fehlt. Schließlich findet sich noch der Prototyp „pH-Wert Abbruch“ in einem Fall ($n = 1$), bei dem die Probanden die Untersuchung nach der Kommunikation über die Untersuchungsplanung abbrechen.

Temperaturänderung (Differenz)

Die $n = 10$ Untersuchungen, die ausschließlich auf die Höhe der Temperaturänderung abzielen, beginnen in der Hälfte der Fälle ($n = 5$) mit einer Fragestellung. Diese ist in vier Fällen auch im Sinne der Erhebung eines Faktus (DSI-F: 2) formuliert. Nur in einem Fall findet keine Kommunikation über eine Untersuchungsplanung statt (160125_0008). Gleiches gilt auch für die Kommunikation über Analyse & Interpretation der Daten.

Bei Betrachtung der Kommunikationsgraphen lassen sich drei Prototypen erkennen. Der häufigste Prototyp „T-Diff. linear experimentell“ (Abb. 45) zeichnet sich durch eine nahezu lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich bei $n = 5$ Gruppen. Die Probanden formulieren eine auf die Höhe der Temperaturänderung abzielende Fragestellung (DSI-F: Niveau 2). Sie kommunizieren über eine dazu passende Untersuchung (DSI-UP: Niveau 2), führen diese durch und analysieren und interpretieren im Anschluss ihre Daten. Es ist auffällig, dass in vier Fällen im Zusammenhang mit der Analyse & Interpretation noch einmal über

die Fragestellung kommuniziert wird. Die Untersuchungen dauern in allen fünf Fällen zwischen zwei und vier Minuten.

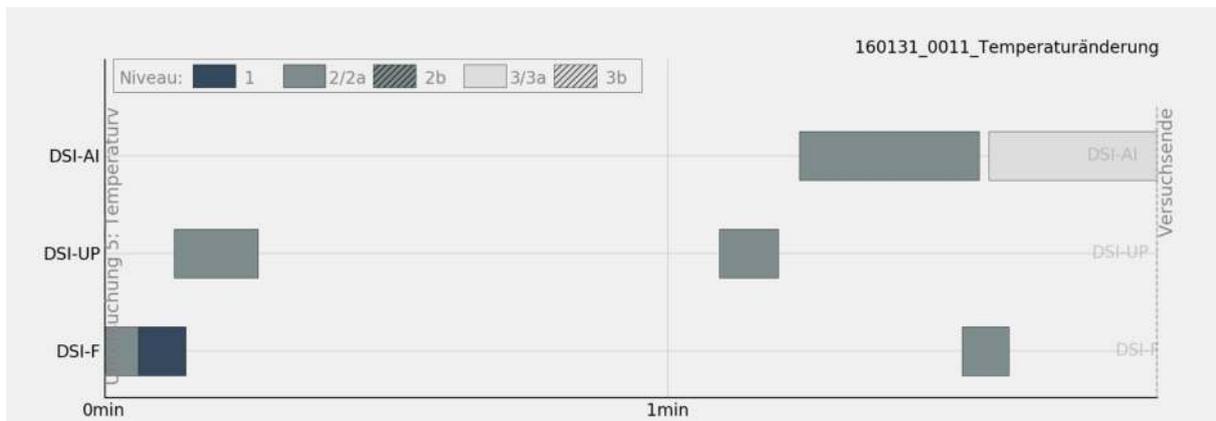


Abb. 45: Untersuchung Temperaturänderung (Differenz) (Prototyp "T-Diff. linear experimentell")

Der zweithäufigste Prototyp „T-Diff. linear experimentell ohne Frage“ (Abb. 46) zeichnet sich durch eine ebenfalls lineare Kommunikationsstruktur bei gleichzeitigem Fehlen einer anfänglichen Kommunikation über die Fragestellung aus und findet sich in $n = 4$ Fällen. Es wird direkt über eine Untersuchungsplanung zur Erhebung von Fakten (DSI-UP: Niveau 2) kommuniziert, diese wird durchgeführt und anschließend werden die Daten analysiert und interpretiert. In einem Fall (140919_0067) wird hier im späteren Verlauf der Analyse & Interpretation der Daten auch über die eigentlich bearbeitete Fragestellung kommuniziert, bevor eine abschließende Analyse & Interpretation erfolgt. Die Untersuchungen dauern zwischen drei und fünf Minuten.

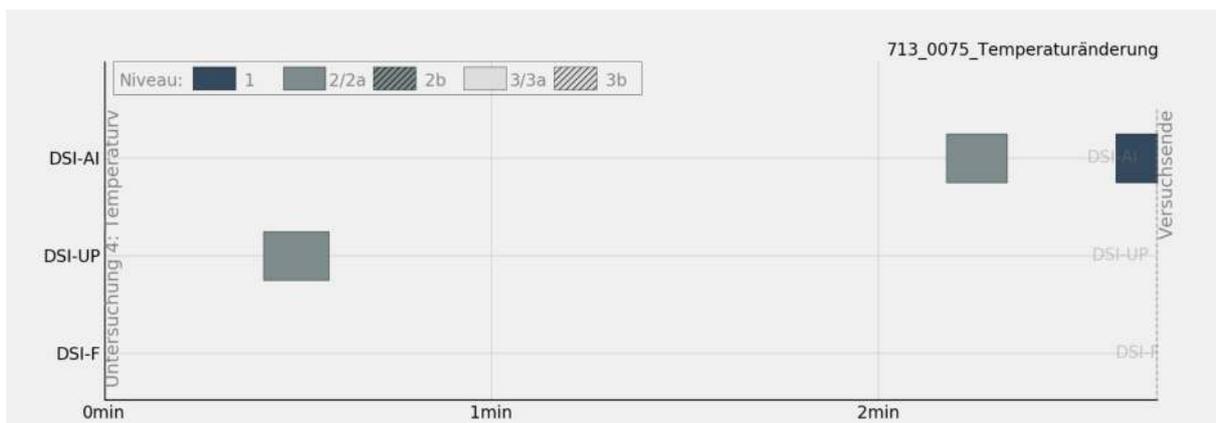


Abb. 46: Untersuchung Temperaturänderung (Differenz) (Prototyp "T-Diff. linear experimentell ohne Frage")

Schließlich zeichnet der Prototyp „T-Diff. Abbruch“ sich dadurch aus, dass das Problem der Temperaturänderung angesprochen wird, dann aber von einer weiteren Untersuchung abgesehen wird. Stattdessen wird darüber theoretisch gesprochen. Der Prototyp „T-Diff. Abbruch“ findet sich in $n = 1$ Fall. Die Untersuchung dauert unter einer Minute.

Gas (qualitativ und quantitativ)

Die Kombination der qualitativen und quantitativen Untersuchung der Gasentwicklung stellt grundsätzlich ein Problem für die Typisierung dar, da es zu einer unterschiedlichen Kombination der beiden Untersuchungen kommen könnte. Allerdings sind die Strukturen der Untersuchungsabläufe in den vorliegenden Fällen durch Gleichförmigkeit gekennzeichnet. Die Probanden zielen zunächst auf eine qualitative Untersuchung des Gases ab und nehmen die quantitative Untersuchung dann später zusätzlich auf. So ergibt sich als alleiniger Prototyp für alle $n = 10$ Fälle „Reaktionspartner oszillierend mit zweiter Frage“ (Abb. 47). Dieser zeichnet sich durch eine erste Frage und Untersuchungsplanung, gefolgt von einer Ergänzung der zweiten Frage, ggf. weiterer Untersuchungsplanung und anschließender Durchführung und Analyse & Interpretation aus. Dabei wird in den meisten Fällen noch weiter zwischen Kommunikation über Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation gewechselt. Die Untersuchungen dauern in allen Fällen zehn Minuten oder länger.

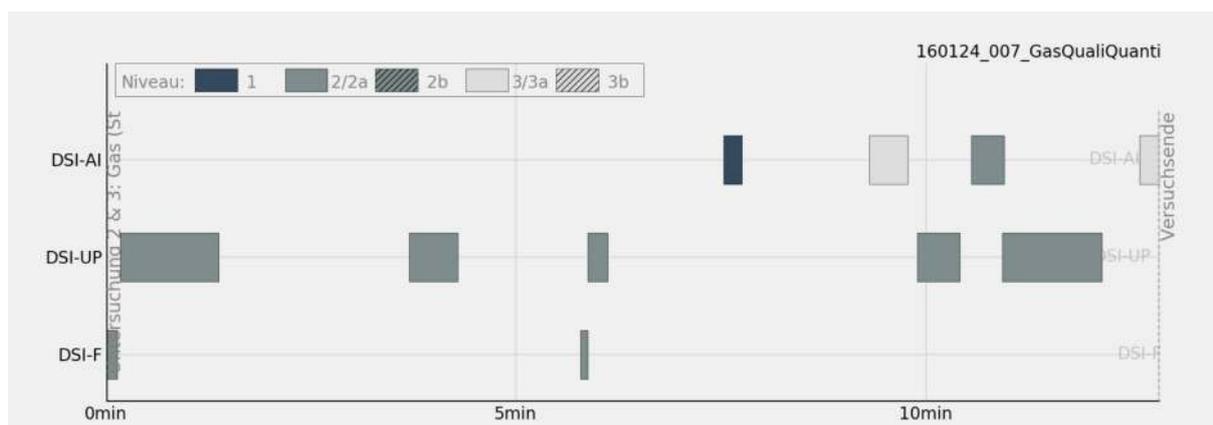


Abb. 47: Untersuchung Gas (qual. und quant.) (Prototyp "Gas (qual. und quant.) oszillierend mit zweiter Frage")

Aroma

Die $n = 8$ Untersuchungen, die ausschließlich auf das Aroma der Brausetabletten-Lösung abzielen, beginnen in der Hälfte der Fälle ($n = 4$) mit einer Fragestellung. Diese ist allerdings nur in einem Fall (140829_0056) im Sinne eines Zusammenhangs zwischen in Lösung gehendem Stoff und Aroma der Lösung formuliert (DSI-F: 3). Nur in drei Fällen wird die Kommunikation über Untersuchungsplanung mit > 0 kodiert. Dies ist wie schon bei der Untersuchung der Färbung der Lösung auf die Entscheidung zurückzuführen, dass das Nachlesen auf der Brausetablettenverpackung nicht als Untersuchungsplanung gewertet wird. In allen Fällen ($n = 8$) findet eine Kommunikation über die Analyse & Interpretation statt.

Bei Betrachtung der Kommunikationsgraphen lassen sich drei Prototypen erkennen. Der häufigste Prototyp „Aroma linear lesen“ (Abb. 48) zeichnet sich durch eine lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich bei $n = 4$ Gruppen. Die Probanden formulieren eine auf die

Färbung der Lösung abzielende Fragestellung. Sie lesen die Liste der Inhaltsstoffe und interpretieren, dass das Aroma durch einen der Aromastoffe hervorgerufen wird. In drei Fällen dauert die Untersuchung unter drei Minuten, in einem Fall dauert die Untersuchung etwas über fünf Minuten.



Abb. 48: Untersuchung Aroma (Prototyp "Aroma linear lesen")

Der zweithäufigste Prototyp „Aroma linear experimentell“ (Abb. 49) zeichnet sich durch eine lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich in $n = 3$ Fällen. In allen Fällen fehlt eine Fragestellung. Die Probanden kommunizieren sofort über eine Untersuchungsplanung und entscheiden sich, an einem oder mehreren Inhaltsstoffen zu riechen. In der Analyse & Interpretation wird dann wieder auf die Liste der Inhaltsstoffe zurückgegriffen und das Aroma einem der Aromastoffe zugeschrieben. Die Untersuchungen dauern in allen Fällen unter fünf Minuten.

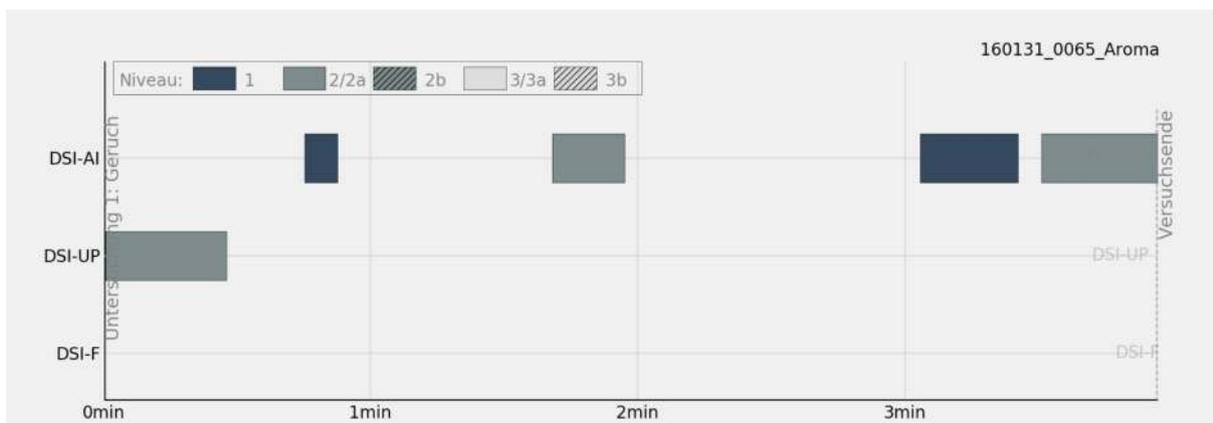


Abb. 49: Untersuchung Aroma (Prototyp "Aroma linear experimentell")

Schließlich findet sich noch der Prototyp „Aroma Abbruch“. Er zeichnet sich dadurch aus, dass das Problem der Farbe der Lösung angesprochen wird, dann aber von einer weiteren Bearbeitung abgesehen wird. Der Prototyp „Aroma Abbruch“ findet sich bei $n = 1$ Fall.

Einfluss Lösungsmittel

Die $n = 9$ Untersuchungen, die ausschließlich auf den Einfluss des Lösungsmittels abzielen, beginnen überwiegend ($n = 7$) mit einer Fragestellung. Diese ist allerdings nur in einem Fall (140926_0068) tatsächlich im Sinne eines Zusammenhangs zwischen Lösungsmittel und zu beobachtendem Effekt (Geschwindigkeit der Blasenbildung) formuliert. Bis auf einen Fall (140926_0068) wird über die Untersuchungsplanung kommuniziert. Diese Kommunikation findet in vielen Fällen ($n = 6$) auf einem hohen Niveau (3a) statt. Auch die Analyse & Interpretation der Daten findet in vielen Fällen ($n = 6$) auf einem hohen Niveau statt.

Bei Betrachtung der Kommunikationsgraphen lassen sich zwei prototypische Kommunikationsstrukturen erkennen. Der Prototyp „LM linear“ (Abb. 50) zeichnet sich durch eine lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich bei $n = 7$ Gruppen. Die Probanden formulieren eine auf den Einfluss des Lösungsmittels abzielende Fragestellung. Sie kommunizieren kurz über die Untersuchungsplanung, führen diese durch und kommunizieren über einen längeren Zeitraum über die Analyse & Interpretation der Daten. In allen sechs Fällen dauert die Untersuchung maximal fünf Minuten.

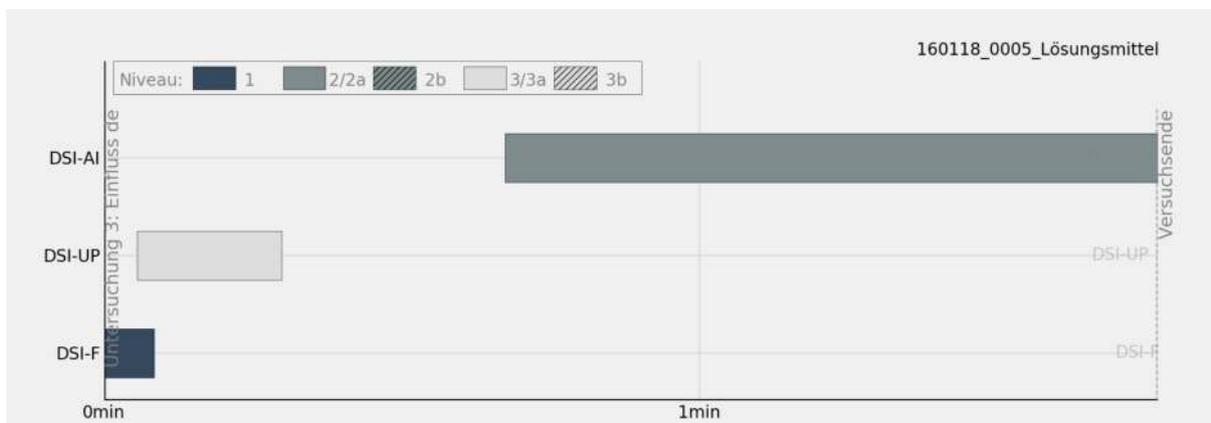


Abb. 50: Untersuchung "Einfluss Lösungsmittel" (Prototyp „LM linear“)

Der Prototyp „LM oszillierend“ (Abb. 51) zeichnet sich durch das Fehlen einer Fragestellung und einen häufigen Wechsel zwischen Kommunikation über Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation aus und findet sich bei $n = 2$ Gruppen. Die Probanden formulieren zu Beginn der Untersuchung keine Fragestellung. Es wird direkt über die Untersuchungsplanung kommuniziert und zügig eine Untersuchung zur Erfassung eines Zusammenhangs geplant. Diese wird durchgeführt, analysiert und interpretiert. Anschließend wird ein neuer Untersuchungsschritt geplant, erneut durchgeführt und analysiert. Dieser kleine Zyklus wird einige Male wiederholt bis die Untersuchung zu einem Abschluss kommt. In beiden Fällen dauert die Untersuchung deutlich über fünf Minuten.

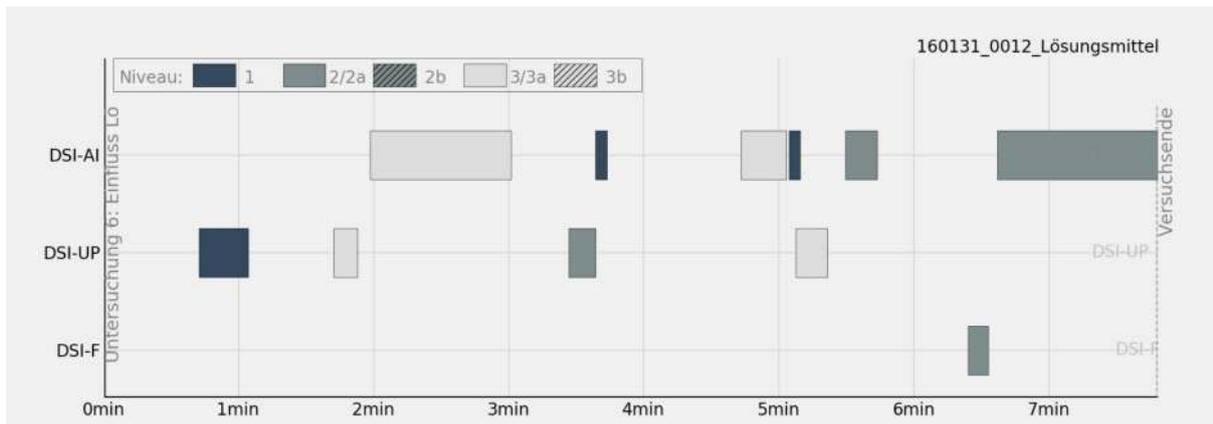


Abb. 51: Untersuchung Einfluss Lösungsmittel (Prototyp "LM oszillierend")

Temperaturänderung (Ursache)

Die $n = 7$ Untersuchungen, die ausschließlich auf die Ursache der Temperaturänderung abzielen, beginnen alle mit einer Fragestellung. Diese zielt in $n = 3$ Fällen auf die Ermittlung eines Zusammenhangs (DSI-F: 3), in $n = 1$ Fall zielt sie auf die Ermittlung eines Fakts (DSI-F: 2) ab und ist in $n = 3$ Fällen unspezifisch (DSI-F: 1). Bis auf einen Fall (160115_0061) wird über die Untersuchungsplanung kommuniziert. Diese Kommunikation findet in den meisten Fällen ($n = 6$) auf dem Niveau DSI-UP: 3 statt. Auch die Analyse & Interpretation der Daten findet in vielen Fällen ($n = 5$) auf einem hohen Niveau (DSI-AI: 3) statt, in den anderen beiden Fällen findet sie auf Niveau DSI-AI: 2 statt.

Bei Betrachtung der Kommunikationsgraphen lassen sich zwei prototypische Kommunikationsstrukturen erkennen. Der Prototyp „T-Ursache linear“ (Abb. 52) zeichnet sich durch eine lineare Kommunikationsstruktur aus und findet sich bei $n = 4$ Gruppen. In allen Fällen ist die Fragestellung allerdings entweder unspezifisch ($n = 3$) oder zielt auf die Ermittlung eines Fakts ($n = 1$) ab. Die Kommunikation über die Untersuchungsplanung findet dann allerdings auf dem erwarteten Niveau DSI-UP: 3 statt. Auch die Analyse & Interpretation findet auf hohem Niveau statt. Die Untersuchungen dauern etwa fünf Minuten.

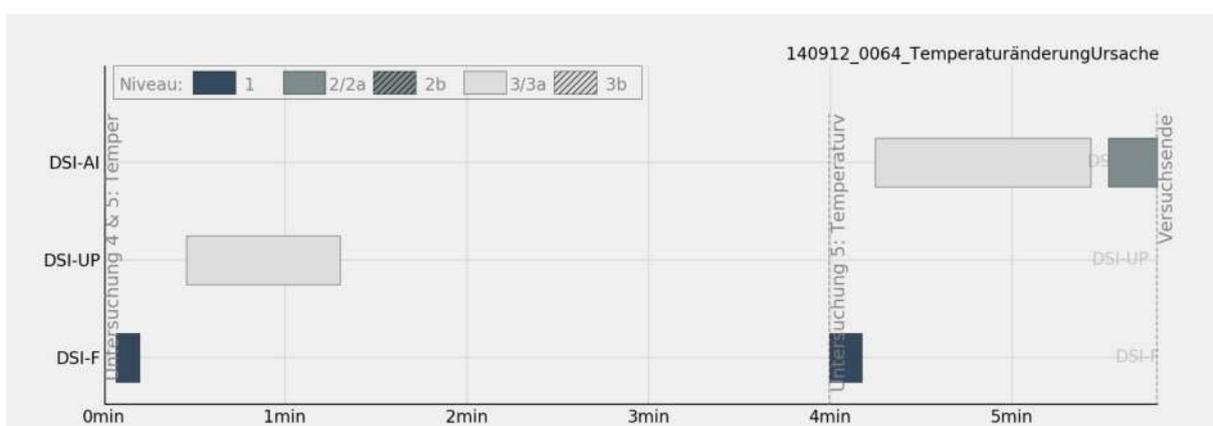


Abb. 52: Untersuchung Temperaturänderung (Ursache) (Prototyp "T-Ursache linear")

5.3 Ergebnisse

Der Prototyp „T-Ursache oszillierend“ (Abb. 53) ist durch einen mehrfachen Wechsel zwischen Kommunikation über Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation gekennzeichnet und findet sich bei $n = 3$ Gruppen. Die Probanden formulieren zu Beginn der Untersuchung eine Fragestellung nach einem Zusammenhang. Es wird direkt über die Untersuchungsplanung kommuniziert und zügig eine Untersuchung zur Erfassung eines Zusammenhangs geplant. Diese wird durchgeführt, analysiert und interpretiert. Anschließend wird ein neuer Untersuchungsschritt geplant, erneut durchgeführt und analysiert. Dieser kleine Zyklus wird einige Male wiederholt bis die Untersuchung zu einem Abschluss kommt. Die Untersuchungen dauern zwischen fünf und zehn Minuten.

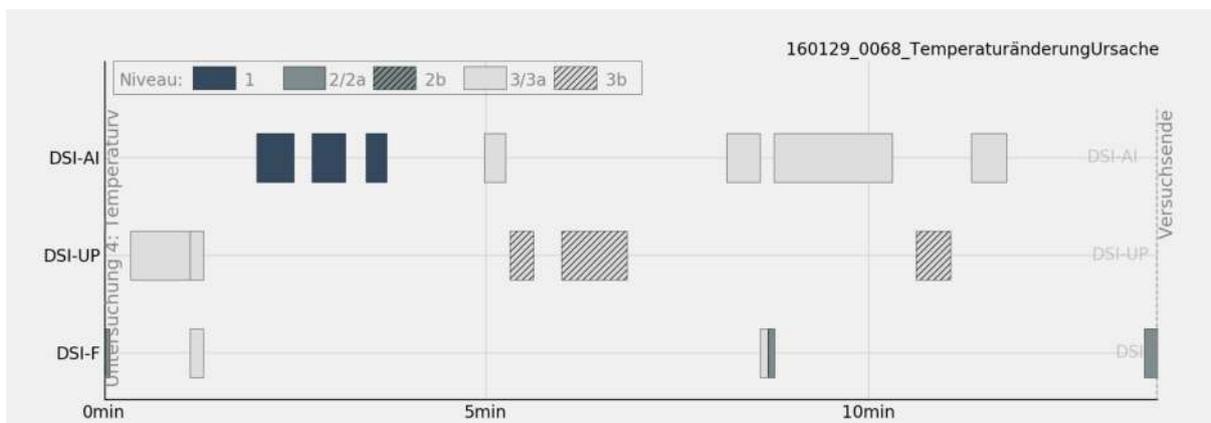


Abb. 53: Untersuchung Temperaturänderung (Ursache) (Prototyp "T-Ursache oszillierend")

Gas (quantitativ)

Die $n = 5$ Untersuchungen, die ausschließlich auf die quantitative Untersuchung der Gasentwicklung abzielen, zeichnen sich durch Gleichförmigkeit aus. Alle Untersuchungen fallen unter den Prototypen „Gas (quant.) linear“ (Abb. 54), der durch eine lineare Kommunikationsstruktur gekennzeichnet ist. Alle Untersuchungen beginnen mit einer Frage auf dem erwarteten Niveau DSI-F: 2 (Fakten). Es folgt eine Kommunikation über Untersuchungsplanung auf dem Niveau DSI-UP: 2 (Fakten). Abschließend wird über die Analyse & Interpretation der Daten gesprochen. Dies geschieht mit einer Ausnahme (140830_0059; DSI-AI: 3) auf dem Niveau DSI-AI: 1, es wird also nur das Ergebnis festgehalten. Die Untersuchungen dauern alle etwa fünf Minuten.

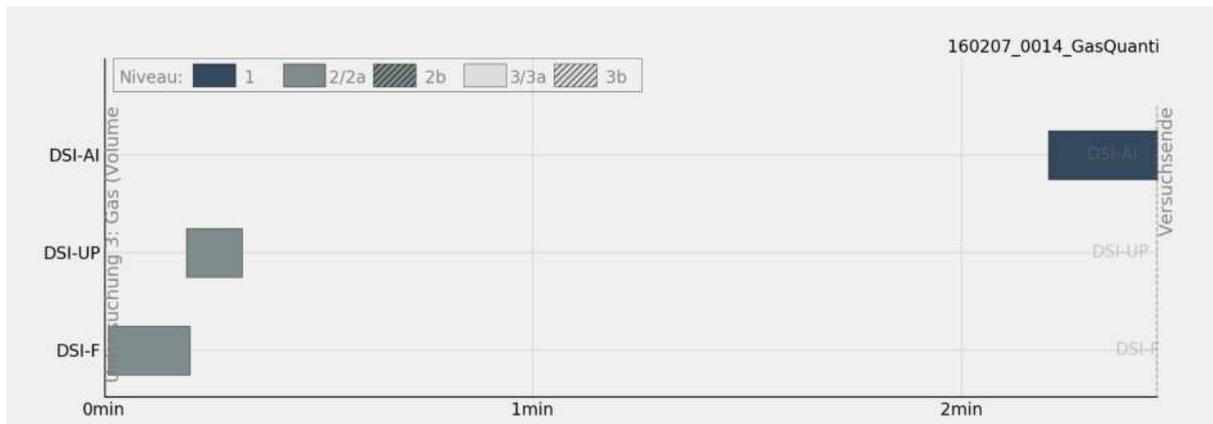


Abb. 54: Untersuchung Gas (quant.) (Prototyp "Gas (quant.) linear")

Volumenänderung

Die $n = 4$ Untersuchungen, die ausschließlich auf die quantitative Untersuchung der Volumenänderung abzielen, zeichnen sich ebenfalls durch Gleichförmigkeit aus. Alle Untersuchungen fallen unter den Prototypen „Volumenänderung linear“ (Abb. 55), der durch eine lineare Kommunikationsstruktur gekennzeichnet ist. Alle Untersuchungen beginnen mit einer Frage; $n = 2$ Untersuchungen auf dem erwarteten Niveau DSI-F: 2, $n = 2$ Untersuchungen beginnen mit einer unspezifischen Frage (DSI-F: 1). Es folgt eine Kommunikation über Untersuchungsplanung auf dem Niveau DSI-UP: 2 (Fakten). Abschließend wird über die Analyse & Interpretation der Daten gesprochen. Dies geschieht überwiegend auf dem Niveau DSI-AI: 2, es wird also auf Basis der Daten interpretiert ohne Vorwissen oder ähnliches einzubeziehen. Die Untersuchungen dauern alle etwa fünf Minuten.

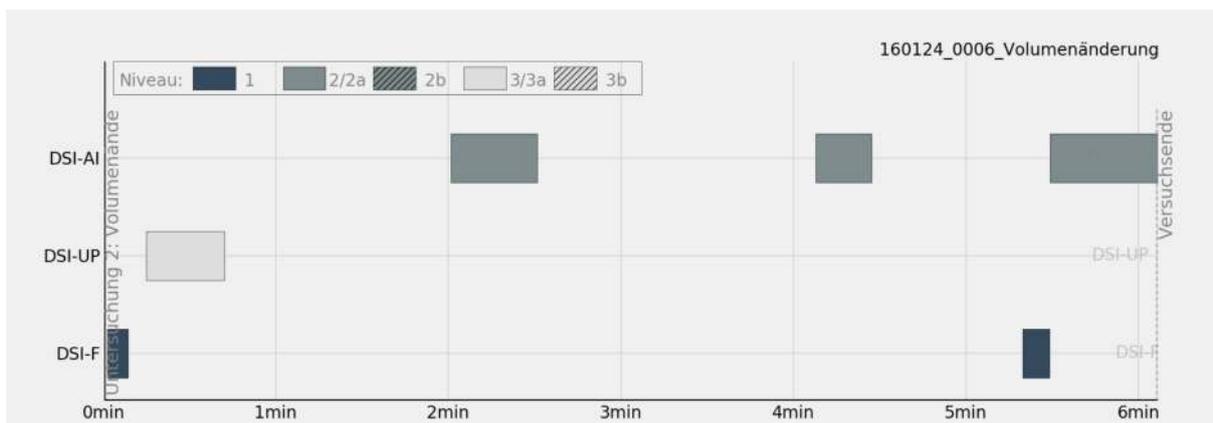


Abb. 55: Untersuchung Volumenänderung (Prototyp "Volumen linear")

Massenänderung

Die $n = 3$ Untersuchungen, die ausschließlich auf die quantitative Untersuchung der Volumenänderung abzielen, zeichnen sich ebenfalls durch Gleichförmigkeit aus. Alle Untersuchungen fallen unter den Prototypen „Massenänderung linear“ (Abb. 56), der durch eine lineare Kommunikationsstruktur gekennzeichnet ist. Alle Untersuchungen beginnen mit einer

5.3 Ergebnisse

Frage; n = 2 Untersuchungen auf dem erwarteten Niveau DSI-F: 2, n = 1 Untersuchung beginnen mit einer unspezifischen Frage (DSI-F: 1). Es folgt eine Kommunikation über Untersuchungsplanung auf dem Niveau DSI-UP: 2 (Fakten). Abschließend wird über die Analyse & Interpretation der Daten gesprochen. Dies geschieht überwiegend auf dem Niveau DSI-AI: 2, es wird also auf Basis der Daten interpretiert ohne Vorwissen oder ähnliches einzubeziehen. Die Untersuchungen haben eine stark unterschiedliche Dauer.

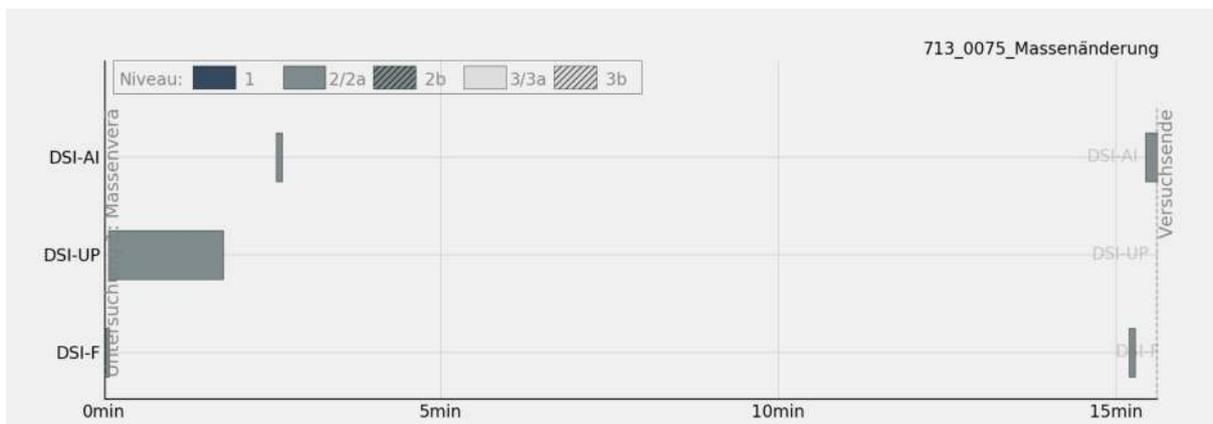


Abb. 56: Untersuchung Massenänderung (Prototyp "Massenänderung linear")

5.3.2.5 Makro- und Meso-Ebene: Gruppen mit vorherrschenden Prototypen

Betrachtet man alle Untersuchungen einzelner Gruppen gemeinsam, lassen sich Fälle identifizieren, die überwiegend Untersuchungen gemäß einem der beiden Prototypen „oszillierend“ oder „linear“ verfolgen (Tab. 13). Es werden n = 17 (26,5%) Gruppen identifiziert, die überwiegend gemäß dem Prototyp „oszillierend“ kommunizieren und handeln (Abb. 57). Von diesen Gruppen führen n = 10 Gruppen drei oder mehr Untersuchungen durch. Es werden n = 13 (18,7%) Gruppen identifiziert, die dominant gemäß dem Prototyp „linear“ kommunizieren (Abb. 58). Von diesen Gruppen führen alle n = 12 Gruppen drei oder mehr Untersuchungen durch. Knapp die Hälfte aller Gruppen zeigt keine durchgängige Kommunikationsstruktur über alle Untersuchungen hinweg.

Tab. 13: Präferierte Kommunikationsstruktur der Gruppen über alle Untersuchungen für Gruppen mit zwei oder mehr Untersuchungen (n = 56; n = 8 Gruppen führen eine oder keine eigene Untersuchung durch)

	Oszillierend (n = 17)	Linear (n = 13)	Kein präferierter Typ (n = 26)
2 Untersuchungen (n = 14)	50,0% (7)	5,0% (1)	45,0% (6)
3 oder mehr Untersuchungen (n = 42)	23,8% (10)	28,5 (12)	47,6% (20)

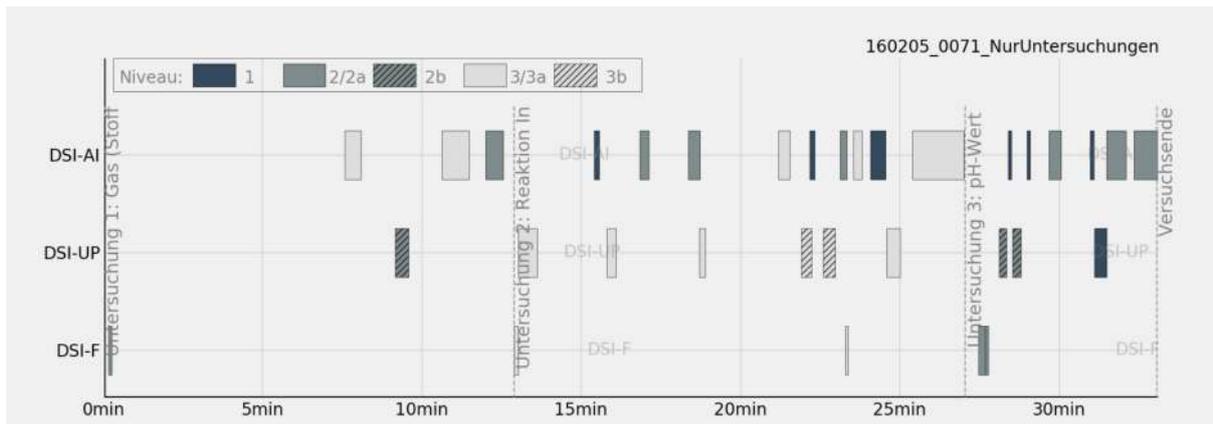


Abb. 57: Überwiegend "ozillierende" Kommunikationsstruktur über alle Untersuchungen hinweg

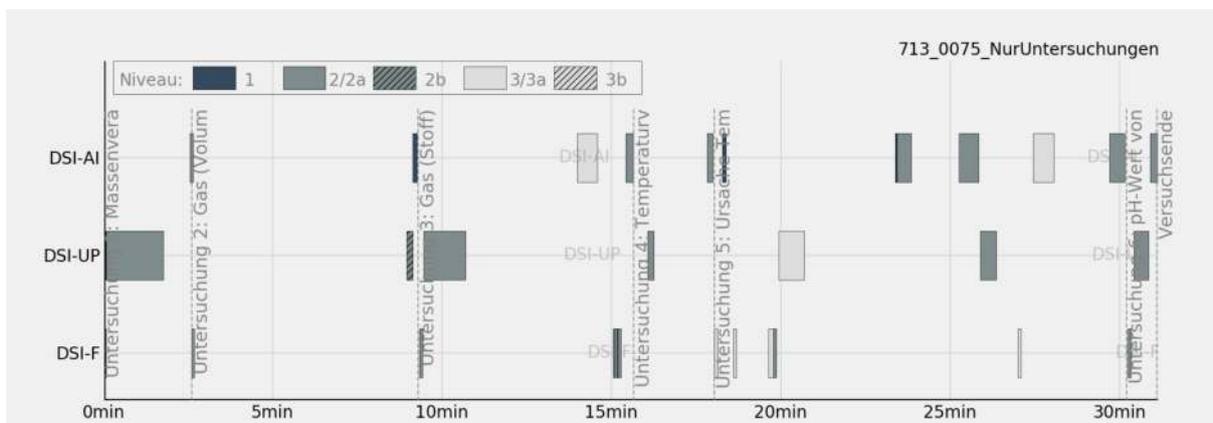


Abb. 58: Überwiegend "lineare" Kommunikationsstruktur über alle Untersuchungen hinweg

5.3.2.6 Makro-, Meso- und Mikro-Ebene: Hochwertige Kommunikation über Erkenntnisgewinnung

Betrachtet man alle Untersuchungen einzelner Gruppen gemeinsam, können die Gruppen nach der Güte ihrer Kommunikation über Erkenntnisgewinnung eingeteilt werden. Als gute Kommunikation wird dabei normativ eine Kommunikation betrachtet, die eine durchgängige Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung im Sinne eines Forschungszyklus zeigen (Abb. 1). Als solche Fälle werden jene betrachtet, die durchgängig zu Beginn der Untersuchung über eine Fragestellung kommunizieren, anschließend über eine Untersuchungsplanung kommunizieren und nach der Durchführung über die Analyse & Interpretation kommunizieren. In knapp der Hälfte aller Fälle ($n = 31$; 48,4%) ist eine solche Kommunikationsstruktur in allen Untersuchungen vorhanden. Darüber hinaus kann die Qualität der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung entlang der Kategorisierung mittels des Kategoriensystems DSI-UP weiter differenziert werden. Als besonders hochwertig wird die Kommunikation von Gruppen betrachtet, die die Eigenschaften von Untersuchungen (z.B. Messwiederholung) beachten, also das Niveau 2b oder 3b erreichen. Ein Drittel aller Gruppen ($n = 20$; 30,2%) kommuniziert mindestens in einer Untersuchungsplanung über eine Eigenschaft naturwissenschaftlicher Untersuchungen. Nur etwa ein Zehntel aller Gruppen ($n = 7$;

5.3 Ergebnisse

10,9%) kommuniziert bei jeder Untersuchung mindestens einmal über ein Qualitätsmerkmal einer Untersuchung.

Tab. 14: Anteile und Häufigkeiten der Gruppen nach Qualität der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung (n = 64)

Qualität	Vollständiger Forschungszyklus in jeder Untersuchung und qualitativ hochwertige Untersuchungsplanung in jedem Zyklus (immer auf Niveau 2b/ 3b)	Vollständiger Forschungszyklus in jeder Untersuchung und qualitativ hochwertige Untersuchungsplanung in min. einem Zyklus (z.T. auf Niveau 2b/ 3b)	Vollständiger Forschungszyklus in jeder Untersuchung, aber keine hochwertige Untersuchungsplanung	Kein vollständiger Forschungszyklus in jeder Untersuchung
Anteil (Häufigkeit)	10,9% (7)	20,3% (13)	17,2% (11)	51,6% (33)

Betrachtet man die dominante Kommunikationsstruktur (s. S. 118) der Gruppen, deren Kommunikation einen durchgängig vollständigen Forschungszyklus und mindestens eine qualitativ hochwertige Kommunikation über Untersuchungsplanung aufweisen, so ist auffällig, dass n = 15 Gruppen (75%) aller Gruppen eine dominant oszillierende Kommunikationsstruktur, n = 5 Gruppen (25%) keine dominante Kommunikationsstruktur und n = 0 Gruppen eine dominant lineare Kommunikationsstruktur aufweisen. In den n = 7 Fällen mit der hochwertigsten Kommunikation über Erkenntnisgewinnung (Tab. 14) weisen alle Gruppen eine dominant oszillierende Kommunikationsstruktur auf.

5.3.3 Ergebnisse zu F3: Selbstbericht der Probanden im Post-Interview über das Verhalten an der Experimentierstation

Im Rahmen des Post-Interviews wurden die Probanden gebeten, über die drei Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung zu reflektieren, die im Fokus dieser Untersuchung stehen (Fragen, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation), sowie über Kommunikation und Kooperation während der Teilnahme. Die Aussagen wurden zunächst auf einem Level niedriger bis mittlerer Abstraktion kodiert und dann zu Oberkategorien zusammengefasst. Die Ergebnisse der Kodierungen sowie der gebildeten Oberkategorien finden sich in tabellarischer Form dargestellt:

- Fragen (Tab. 15),
- Untersuchungsplanung (Tab. 16),
- Analyse & Interpretation (Tab. 17),
- Kommunikation und Kooperation (Tab. 19).

Insgesamt wurden n = 60 Post-Interviews durchgeführt. Mit vier Gruppen war die Durchführung eines Post-Interviews nicht möglich. Daher werden die hier dargestellten Ergebnisse auf n = 60 Gruppen bezogen.

5.3.3.1 Selbstbericht der Probanden über die Prozesse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Fragen

Im Hinblick auf naturwissenschaftliche Fragen (Tab. 15) werden von den meisten Gruppen (n = 51; 85,0%) Aussagen zur Schwierigkeit gemacht. In dieser Oberkategorie sind die häufigsten Nennungen zur Wahrnehmung, dass einerseits Fragen einfach zu stellen sind (n = 29; 48,3%) und andererseits Fragen stellen schwierig ist (n = 19; 31,7%). Knapp die Hälfte aller Gruppen (n = 29; 48,3%) äußert sich zur Rolle der Fragen im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung. Hier heben besonders viele Gruppen (n = 21; 35,0%) hervor, dass sie strukturiert von den anfänglichen Beobachtungen zu den Fragen vorgegangen sind. Ein Drittel der Gruppen (n = 20; 31,2%) äußert sich zur Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen im Hinblick auf den Umgang mit naturwissenschaftlichen Fragen. Hier werden am häufigsten die Rolle des fachlichen Vorwissens (n = 8; 13,3%) und der Kontrast zu Denkweisen im Alltag (n = 8; 13,3%) angesprochen. Knapp ein Drittel der Gruppen (n = 17; 28,3%) macht außerdem Aussagen zur motivationalen Funktion der eigenen Fragenentwicklung. Diese Gruppen heben alle den positiven motivationalen Einfluss der Entwicklung und Bearbeitung eigener Fragestellungen hervor. Von jeweils etwa 10% der Gruppen werden Aussagen zu Problemen (n = 7), zu wahrgenommenen Hilfestellungen (n = 6) und zu Vergleichen mit anderen Vermittlungssituationen wie Schule und Universität (n = 6) gemacht.

Tab. 15: Aussagen der Probanden im Post-Interview zu nw. Fragen im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 60)

Kodierung	Oberkategorie (Aussagen zu/r ...)
Eigene Fragen überlegen ist einfach (n = 29)	„Schwierigkeit“ der Fragenentwicklung (n = 51)
Eigene Fragen stellen ist schwierig (n = 19)	
Präzise Fragen stellen ist schwierig (n = 4)	
Erste Fragen stellen ist einfach (n = 1)	
Strukturiertes Vorgehen von Beobachtung zu Fragenentwicklung (n = 21)	Rolle der Fragen im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 29)
Eine Frage hat zur nächsten geführt (n = 3)	
Probanden haben während der Versuche noch neue Fragen entwickelt (n = 2)	
Frage hilft bei der Untersuchungsplanung (n = 2)	
Eine konkrete Frage zu haben, hilft beim Schlussfolgern (n = 1)	Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen bei der Fragenentwicklung (n = 20)
Naturwissenschaftliche Fragen stellen ist man aus dem Alltag nicht gewohnt (n = 8)	
Chemisches Vorwissen hilft beim Fragen stellen (n = 8)	
Manche Fragen und dazugehörige Untersuchungen waren schon bekannt (n = 1)	
Unwissenheit über Vorgänge führt zu Fragen (n = 1)	
KEMIE®-Erfahrung hat beim Fragen stellen geholfen (n = 1)	motivationalen Funktion der Fragenentwicklung (n = 17)
Begriff der (natur-)wissenschaftlichen Frage war unklar (n = 1)	
Eigene Fragen stellen ist motivierend (n = 9)	
Eigene Fragen untersuchen ist motivierend (n = 7)	Problemen bei der Fragenentwicklung (n = 7)
Fragen nach Interesse auswählen können ist motivierend (n = 1)	
Erste Fragen stellen ist schwierig (n = 3)	
Weitere Fragen stellen ist schwierig (n = 2)	
Sehr einfache, naheliegende Fragen übersieht man leicht (n = 1)	
Fragen ohne passende Untersuchung sind schwierig zu stellen (n = 1 Später)	Hilfest. bei der Fragenentw.(n = 6)
Fragen mit passender Untersuchung sind leichter zu stellen (n = 1)	
Betreuer hat beim Fragen stellen geholfen (n = 6)	Vergleich der Fragenentwicklung mit anderen Vermittlungssituationen (n = 6)
Eigene Fragen stellen unterscheidet sich vom Lernen an Uni / in Schule (n = 4)	
Eigene Fragen stellen ist wie im Unterricht (n = 2)	

Untersuchungsplanung

Im Hinblick auf naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (Tab. 16) macht die Hälfte der Gruppen (n = 30; 50,0%) Aussagen zur Schwierigkeit der Untersuchungsplanung. In dieser Oberkategorie sind die häufigsten Nennungen einerseits zur Wahrnehmung, dass Untersuchungsplanung einfach ist (n = 19; 31,7%), und andererseits zur Wahrnehmung, dass Untersuchungsplanung schwierig ist (n = 11; 18,3%). Ebenfalls fast die Hälfte der Gruppen (n = 27; 45,0%) macht Aussagen zu Hilfestellungen bei der Untersuchungsplanung. Hier wird insbesondere die Hilfestellung durch die Betreuer hervorgehoben (n = 14; 23,3%). Darüber hinaus sprechen einige Gruppen (n = 5; 8,3%) die helfende Funktion der bereitstehenden Geräte und Chemikalien an. Etwa ein Drittel der Gruppen (n = 21; 35,0%) macht Aussagen zur Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen bei der Untersuchungsplanung. Hier heben die Gruppen die Rolle von fachmethodischem Wissen besonders hervor (n = 14; 23,3%). Einige wenige Gruppen machen Aussagen zur motivationalen Funktion der Untersuchungsplanung (n = 5). Diese Aussagen sind durchweg positiv.

Tab. 16: Aussagen der Probanden im Post-Interview zur naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 60)

Kodierung	Oberkategorie (Aussagen zu/r ...)
Untersuchungsplanung ist einfach (n = 19)	Schwierigkeit der Untersuchungsplanung (n = 30)
Untersuchungsplanung ist schwierig (n = 11)	
Hilfestellung durch den Betreuer ist wichtig, um Untersuchung zu planen (n = 14)	Hilfestellungen bei der Untersuchungsplanung (n = 27)
Materialien und Chemikalien betrachten hilft, passende Methoden zu finden (n = 5)	
Fragestellung hilft bei Untersuchungsplanung (n = 4)	
Es ist sinnvoll, sich auf eine einfach zu lösende Frage zu fokussieren (n = 2)	
Ausprobieren hilft bei der Untersuchungsplanung (n = 2)	
Fachmethodenwissen ist wichtig, um Untersuchung zu planen (n = 14)	
Fachwissen hilft bei der Untersuchungsplanung (n = 4)	
Fachwissen ist nicht wichtig, um Untersuchung zu planen (n = 1)	
Allgemeines wissenschaftliches Methodenwissen (z.B. Reproduzierbarkeit) hilft bei Untersuchungsplanung (n = 2)	
Selbst Untersuchungen planen ist interessant (n = 4)	motivationalen Funktion der Untersuchungsplanung (n = 5)
Untersuchungsplanung macht Spaß (n = 1)	
Manche Untersuchungen waren unter den gegebenen Umständen nicht möglich (n = 1)	Problemen bei der Untersuchungsplanung (n = 1)

Analyse & Interpretation

Im Hinblick auf naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten (Tab. 17) macht die Hälfte der Gruppen (n = 30; 50,0%) Aussagen zur Schwierigkeit der Analyse & Interpretation. In dieser Oberkategorie sind die häufigsten Nennungen einerseits zur Wahrnehmung, dass Analyse & Interpretation einfach sind (n = 22; 36,7%), und andererseits zur Wahrnehmung, dass Untersuchungsplanung schwierig ist (n = 8; 13,3%). Jede fünfte Gruppe (n = 12; 20,0%) spricht die Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen für die Analyse & Interpretation an. Hier heben alle Gruppen (n = 12; 20,0%) die Rolle von fachlichem Vorwissen hervor.

Jede sechste Gruppe (n = 10; 16,7%) gibt wahrgenommene Hilfestellungen bei der Analyse & Interpretation der Daten an. Die meisten dieser Gruppen (n = 9; 15,0%) geben an, dass sie Hilfestellung durch die Betreuer wahrgenommen haben. Ebenfalls jede sechste Gruppe (n = 10; 16,7%) geht auf die Eindeutigkeit von Analyse & Interpretation ein. Hier geben die meisten dieser Gruppen (n = 9; 15,0%) an, dass Eindeutigkeit den Prozess erleichtert. Als weitere Oberkategorien werden die motivationale Funktion von Analyse & Interpretation (n = 5; 8,3%), die Rolle von Analyse & Interpretation im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 4; 6,7%) und spezifische Probleme bei der Analyse & Interpretation (n = 2; 3,3%) angesprochen.

Tab. 17: Aussagen der Probanden im Post-Interview zur naturwissenschaftlichen Analyse & Interpretation von Daten im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 60)

Kodierung	Oberkategorie (Aussagen zu/r ...)
Analyse & Interpretation sind einfach (n = 22)	Schwierigkeit von Analyse & Interpretation (n = 30)
Analyse & Interpretation sind schwierig (n = 8)	
Vorwissen ist wichtig für Analyse & Interpretation (n = 12)	Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen bei der Analyse & Interpretation (n = 12)
Betreuer hat beim Interpretieren geholfen (n = 9)	Hilfestellungen bei der Analyse & Interpretation (n = 10)
Logisches Kombinieren hilft bei Analyse & Interpretation (n = 1)	
Eindeutige Ergebnisse erleichtern Interpretation (n = 7)	Eindeutigkeit von Analyse & Interpretation (n = 10)
Schlussfolgern einfacher, wenn Vermutungen bestätigt werden (n = 3)	
Selbst analysieren und interpretieren ist interessant (n = 3)	motivationalen Funktion von Analyse & Interpretation (n = 5)
Gut, dass Analyse & Interpretation zügig aus Experimenten erfolgen konnte (n = 1)	
Misserfolge hätten Analyse & Interpretation frustrierender gemacht (n = 1)	
Beim Analysieren und Interpretieren wird Bezug zur Frage genommen (n = 3)	Rolle von Analyse & Interpretation im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 4)
Analyse & Interpretation gehören zum wissenschaftlichen Arbeiten (n = 1)	Problemen bei der Analyse & Interpretation (n = 2)
Schlussfolgern und Frage beantworten wurden vermischt (n = 1)	
Schwierig, Sicherheit der Analyse & Interpretation abzuschätzen (n = 1)	

Teilbereich der Erkenntnisgewinnung im Vergleich

Werden die Aussagen der Probanden zu den drei Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung im Vergleich betrachtet, lassen sich Gemeinsamkeiten und Unterschiede feststellen (Tab. 18). Zu allen drei Teilbereichen machen die meisten Gruppen Aussagen zur Schwierigkeit dieses Teilbereichs. Während für Fragen über 80% der Gruppen eine solche Aussage treffen, sind es für die anderen Bereiche jeweils 50%. Alle drei Teilbereiche werden von jeweils etwa zwei Drittel der Gruppen als einfach und von einem Drittel der Gruppen als schwierig bezeichnet. Mehr als einen Teilbereich als einfach bezeichnen n = 21 (35,0%) Gruppen. Von n = 9 Gruppen (14,1%) werden alle drei Teilbereiche als einfach bezeichnet. Mehr als einen Teilbereich als schwierig bezeichnen n = 7 (11,7%) Gruppen. Von n = 4 (6,7%) Gruppen werden alle drei Teilbereiche als schwierig bezeichnet.

5.3 Ergebnisse

Tab. 18: Vergleich der Oberkategorien über die Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung (n = 60)

Oberkategorie	Nennung zu ...						
	F	UP	AI	F & UP	F & AI	UP & AI	F, UP & AI
Schwierigkeit („einfach“)	29 (48,3%)	19 (31,7%)	22 (36,7%)	4 (6,7%)	8 (13,3%)	0 (0%)	9 (15,0%)
Schwierigkeit („schwierig“)	19 (31,7%)	11 (18,3%)	8 (13,3%)	3 (5,0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (6,7%)
Vorwissen und Vorerfahrung	20 (31,2%)	21 (35,0%)	12 (20,0%)	10 (16,7%)	2 (3,3%)	0 (0%)	5 (8,3%)
Hilfestellungen	6 (9,3%)	27 (42,1%)	10 (15,6%)	1 (1,7%)	2 (3,3%)	0 (0%)	10 (16,7%)
Motivationale Funktion	17 (26,5%)	5 (7,8%)	5 (7,8%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)	0 (0%)	1 (1,7%)

Auf die Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen bei der Auseinandersetzung mit einem Teilbereich gehen je etwa ein Drittel aller Gruppen bei Fragen (33,3%) und Untersuchungsplanung (35%) und jede sechste Gruppe bei Analyse & Interpretation (16,7%) ein. Von n = 17 (28,3%) der Gruppen wird die Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen in mehr als einem Teilbereich angesprochen. Besonders häufig ist dies in der Kombination aus Fragen und Untersuchungsplanung (n = 10; 16,7%) der Fall. Wahrgenommene Hilfestellungen zu einem Teilbereich gibt jede zehnte Gruppe (n = 6; 10,0%) bei Fragen, etwa die Hälfte aller Gruppen bei der Untersuchungsplanung (n = 27; 45,0%) und jede sechste Gruppe (n = 10; 16,7%) bei Analyse & Interpretation an. Hier gehen n = 13 (21,7%) Gruppen auf mehr als einen Teilbereich ein. Es gehen n = 10 (16,7%) Gruppen auf Hilfestellungen in allen drei Teilbereichen ein. Auf die motivationale Funktion eines Teilbereichs geht etwa ein Drittel der Gruppen (n = 17; 28,3%) bei Fragen und jeweils jede zwölfte Gruppe (n = 5; 8,3%) bei der Untersuchungsplanung und der Analyse & Interpretation ein. Allerdings gehen nur n = 3 (5,0%) Gruppen auf mehr als einen Teilbereich ein. Auf die Rolle des Teilbereichs im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung geht nur bei Fragen eine größere Zahl Gruppen (n = 29; 48,3%) ein.

5.3.3.2 Selbstbericht der Probanden über Kommunikation und Kooperation

Von den mit Abstand meisten Gruppen (n = 49; 81,7%) werden Aussagen zu positiven Auswirkungen der Kommunikation und Kooperation gemacht (Tab. 18). Am häufigsten machen Gruppen pauschale Aussagen, dass Kommunikation und Kooperation hilfreich sind (n = 24; 40,0%). Konkrete Aussagen über die positiven Auswirkungen von Kommunikation und Kooperation machen Gruppen häufig zu vier Punkten:

- Profit durch die Ideen der anderen (n = 17; 28,3%),
- Profit durch das Wissen der anderen (n = 11; 18,3%),
- Beschleunigung des Prozesses der Erkenntnisgewinnung (n = 9; 15,0%),
- Vermeidung von Fehlern (n = 5; 8,3%).

Neben diesen inhaltlichen Vorteilen von Kommunikation und Kooperation äußern sich $n = 11$ (18,3%) Gruppen zur motivationalen Funktion von Kommunikation und Kooperation. Dabei wird die motivierende Funktion sowohl absolut ($n = 8$; 13,3%) als auch im Vergleich zu Einzelarbeit genannt ($n = 3$; 5,0%). Als dritte Oberkategorie wird die Rolle von Kommunikation und Kooperation bei der Untersuchungsplanung angesprochen. Hier äußern sich $n = 8$ (13,3%) Gruppen. Diese äußern sich jeweils zur Hälfte über Verbesserung der Untersuchung ($n = 4$; 6,7%) und über Arbeitserleichterung ($n = 4$; 6,7%). Die anderen Oberkategorien werden von jeweils weniger als jeder zehnten Gruppe angesprochen.

Tab. 19: Aussagen der Probanden zu Kommunikation und Kooperation ($n = 60$)

Kodierung	Oberkategorie (Aussagen zu/r ...)
Kommunikation untereinander ist hilfreich ($n = 24$)	positiven Auswirkungen von Kommunikation und Kooperation ($n = 49$)
Man profitiert von den Ideen des anderen ($n = 17$)	
Man profitiert vom Wissen des anderen ($n = 11$)	
Kommunikation beschleunigt den Prozess ($n = 9$)	
Kommunikation verhindert Fehler ($n = 5$)	
Man profitiert von der Meinung des anderen ($n = 2$)	
Es ist leichter, gemeinsam Ideen zu entwickeln ($n = 2$)	
Die Tipps vom Betreuer sind hilfreich ($n = 1$)	
Man ergänzt sich gegenseitig ($n = 1$)	
Kommunikation führt zu gleichberechtigter Teilnahme ($n = 1$)	
Kooperation macht Spaß ($n = 8$)	motivationalen Funktion von Kommunikation und Kooperation ($n = 11$)
Kooperation ist interessanter als Einzelarbeit ($n = 3$)	Kommunikation und Kooperation bei Untersuchungsplanung ($n = 8$)
Wenn man bei der Durchführung kommuniziert, kann man sich die Arbeit erleichtern ($n = 4$)	
Kommunikation und Kooperation führen zu besseren Untersuchungen ($n = 4$)	Schwierigkeiten bei Kommunikation und Kooperation ($n = 5$)
Diskussionen mit mehr Personen sind schwieriger ($n = 4$)	
Einzelarbeit ist schwieriger ($n = 1$)	Kommunikation und Kooperation bei Analyse & Interpretation ($n = 4$)
Man profitiert von den Ideen des anderen beim Schlussfolgern ($n = 4$)	
Absprachen waren in diesem Setting nicht so wichtig ($n = 1$)	ambivalenten Einschätzungen von Kommunikation und Kooperation ($n = 4$)
Absprachen sind wichtiger, wenn die Ressourcen begrenzt sind ($n = 1$)	
Kommunikation ist nicht störend ($n = 1$)	
Ohne Kommunikation hätte man mehr experimentiert ($n = 1$)	negativen Auswirkungen von Kommunikation und Kooperation ($n = 3$)
Wenn jeder unterschiedliche Ideen durchsetzen möchte, wird es chaotisch ($n = 1$)	
Unterschiedlicher Wissensstand kann zu Problemen führen ($n = 1$)	
Kommunikation hilft dabei, gute Fragen zu entwickeln ($n = 2$)	Kommunikation und Kooperation beim Umgang mit Fragen ($n = 2$)

5.3.3.3 Ergebnisse zu F4: Zusammenhänge zwischen dem Verhalten an der Experimentierstation und personengebundenen Prädiktoren

Zusammenhänge zwischen dem Verhalten an der Experimentierstation und möglichen personengebundenen Prädiktoren (F4: soziodemographisch, F5: Voraussetzungen zur Erkenntnisgewinnung, F6: Selbstbericht) werden auf Grundlage statistischer Berechnungen ermittelt. Das Verhalten wird durch die unter Forschungsfrage 2 ermittelten Ergebnisse (vgl. 5.3.2) be-

schrieben. Dabei werden sowohl skalenbasierte Verhaltensvariablen (Tab. 20) als auch kategoriale Verhaltensvariablen betrachtet. Die skalenbasierten Variablen sind:

- Dauer der Fragenentwicklung (t (Fragenentwicklung)),
- Anzahl der unterschiedlichen Fragen in der Fragenentwicklung (#Fragen),
- Dauer der freien Experimentierphase (t (freie Experimentierphase)),
- Anzahl der unterschiedlichen Untersuchungen in der freien Experimentierphase (#Untersuchungen),
- Dauer der mit DSI-F kodierten Gespräche (t (DSI-F)),
- Dauer der mit DSI-UP kodierten Gespräche (t (DSI-UP)),
- Dauer der mit DSI-AI kodierten Gespräche (t (DSI-AI)),
- Dauer aller mit DSI-F, DSI-UP und DSI-AI kodierten Gespräche (t (DSI-gesamt)).

Die kategorialen Verhaltensvariablen sind:

- Präferierter Kommunikationstyp (EKW_Struktur: oszillierend, gemischt, linear; vgl. S. 118),
- Güte der Kommunikation (EKW_Güte: vollständige Erkenntnisgewinnung mit Qualitätsmerkmalen, vollständige Erkenntnisgewinnung, unvollständige Erkenntnisgewinnung; vgl. S. 119).

Um geeignete Tests für die statistische Berechnung von Zusammenhängen mit den skalenbasierten Verhaltensvariablen auszuwählen, wurden die Daten zu ausgewählten Variablen zunächst auf Normalverteilung getestet (Tab. 20). Dazu wurden sowohl Histogramme inklusive Kurtosis und Schiefe als auch der Kolmogorov-Smirnov-Test inklusive Q-Q-Plots betrachtet (s. „Anhang VII: Ergebnisse der Tests zur Normalverteilung der verhaltensbasierten Daten“) (Field, 2009, S. 165 ff.). Da mit Ausnahme der Dauer der freien Experimentierphase und der Dauer der Gespräche im Bereich DSI-Fragen die Daten zu allen Variablen nicht normalverteilt sind, wird im weiteren Verlauf der Kruskal-Wallis-H-Test zur Betrachtung nicht normalverteilter Daten genutzt (vgl. S.91 ff.).

Tab. 20: Ergebnisse der Betrachtungen zur Normalverteilung der Daten ausgewählter skaliert Variablen

Variable	Kurtosis	Schiefe	D (64)	p	Entscheidung über Normalverteilung
t (Fragenentwicklung)	1,865	1,202	0,221	<0,001	Nicht normalverteilt
#Fragen (Fragenentwicklung)	0,115	0,628	0,196	<0,001	Nicht normalverteilt
t (freie Experimentierphase)	1,298	1,185	0,138	<0,001	Nicht normalverteilt
#Untersuchungen (freie Experimentierphase)	3,793	1,375	0,089	0,200	Normalverteilt
t (DSI-F-Gespräche)	0,672	0,944	0,108	0,060	Normalverteilt
t (DSI-UP-Gespräche)	-0,650	0,463	0,124	0,016	Nicht normalverteilt
t (DSI-AI-Gespräche)	8,038	2,368	0,169	<0,001	Nicht normalverteilt
t (DSI-gesamt-Gespräche)	1,696	1,149	0,123	0,017	Nicht normalverteilt

Für die Berechnung von Zusammenhängen zwischen den ausgewählten Prädiktoren und den kategorialen Verhaltensvariablen werden der Chi-Quadrat-Test bzw. der Fisher-Exakt-Test genutzt (vgl. S.84 ff.; Field, 2009, S. 848). Dazu wurden bei den Prädiktoren die Anzahl der unterschiedlichen Gruppen zum Teil verkleinert, um die Voraussetzungen der Tests bezüglich Gruppengröße zu erfüllen beziehungsweise die Tests aussagekräftiger zu machen.

Eine Übersicht über gefundene Trends findet sich in Tab. 21. Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den Zusammenhängen zwischen Verhaltensvariablen und möglichen Prädiktoren dargestellt. Hier werden die Ergebnisse der statistischen Tests nur für solche Zusammenhänge dargestellt, die einen Trend erkennen lassen.¹⁹

¹⁹ Die Ergebnisse aller statistischen Tests finden sich in der an der RUB archivierte Version der Dissertation und können auf Anfrage vom Autor erhalten werden.

Tab. 21: Übersicht über alle Zusammenhänge zwischen den Verhaltensvariablen und ausgewählten Prädiktoren (S = soziodemographisch, V = Voraussetzungen im Bereich Erkenntnisgewinnung, B = Selbstbericht im Post-Interview, * = Trend laut statistischem Text signifikant)

Verhaltensvariable Prädiktor	t (F-Entwicklung)	#Fragen	t (freie Experimentier-Phase)	#Untersuchungen	t (DSI-F)	t (DSI-UP)	t (DSI-AI)	t (DSI-gesamt)	EKW-Struktur	EKW-Güte
S: Gruppentyp	Minderjährige < Familien, Freunde < Einzelpersonen	Minderjährige < Familien, Freunde, Einzelpersonen	Einzelpersonen < Minderjährige, Freunde, Familien	Minderjährige > Familien, Freunde, Einzelpersonen	Minderjährige < Familien, Freunde, Einzelpersonen	-	Minderjährige > Familien, Freunde > Einzelpersonen	-	-	-
S: Betreuer	Nr. 3 > andere *	Nr. 3 > andere *	Nr. 6 < andere	-	Nr. 3 > andere *	-	Nr. 6 < andere	Nr. 6 < andere	-	-
S: weitere naturwissenschaftliche Bildung	-	-	-	Ohne weitere nw. Bildung > mit weiterer nw. Bildung *	-	-	-	-	-	-
S: Experimentiererfahrung	-	ohne < formal < non-formal, informell	ohne > andere	ohne < andere	non-formal, informell > andere	-	-	-	-	-
V: DSI-F-Kompetenz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V: DSI-UP-Kompetenz	-	-	höher > niedriger	höher > niedriger *	-	höher > niedriger	-	-	-	-
V: DSI-AI-Kompetenz	-	-	hoch, mittel > niedrig *	-	hoch > mittel, niedrig	hoch > mittel, niedrig *	hoch > mittel, niedrig *	hoch > mittel, niedrig *	-	-
B: Schwierigkeit Fragen	-	einfach, keine Aussage > schwierig	-	-	-	-	-	einfach, keine Aussage > schwierig	-	einfach > keine Aussage, schwierig *
B: Schwierigkeit Untersuchungsplanung	einfach < keine Aussage, schwierig	-	einfach < keine Aussage, schwierig	einfach < keine Aussage, schwierig	einfach < keine Aussage, schwierig	einfach, keine Aussage < schwierig	-	-	-	-
B: Schwierigkeit Analyse & Interpretation	-	einfach < keine Aussage, schwierig	einfach, keine Aussage < schwierig *	einfach < keine Aussage, schwierig	-	einfach < keine Aussage, schwierig	einfach < keine Aussage, schwierig	einfach < keine Aussage, schwierig	-	-

5.3.3.4 Zusammenhänge zwischen dem Verhalten an der Experimentierstation und soziodemographischen Prädiktoren

Hier wird der Einfluss ausgewählter soziodemographischer Variablen auf die Ausprägung der ausgewählten skalierten (Tab. 20) und kategorialen (s. S. 125) Verhaltensvariablen betrachtet.

Die ausgewählten soziodemographischen Prädiktoren sind:

- Gruppentyp (Familien mit Kindern, erwachsene Freundesgruppen, Minderjährigen-Gruppen, erwachsene Einzelpersonen),
- Betreuer (sechs unterschiedliche Betreuer),
- Weitere naturwissenschaftliche Bildung der Gruppen (Gruppen mit/ ohne Mitglieder mit weiterer naturwissenschaftliche Bildung),
- Experimentiererfahrung (keine, formal, non-formal, informell, verschiedene Bereiche).

Gruppentyp

Werden die Zusammenhänge zwischen Gruppentyp und den skalierten Verhaltensvariablen betrachtet, zeigen sich diverse nicht signifikante Trends (Tab. 22). Die Fragenentwicklung dauert unterschiedlich lang. Bei Minderjährigen-Gruppen ist sie am kürzesten, bei Familien und erwachsenen Freundesgruppen etwa gleichlang und bei erwachsenen Einzelpersonen am längsten. Minderjährigen-Gruppen entwickeln weniger Fragen als die anderen Gruppentypen. Die freie Experimentierphase dauert bei erwachsenen Einzelpersonen kürzer als bei anderen Gruppentypen. Minderjährigen-Gruppen führen mehr Untersuchungen durch als andere Gruppen. Minderjährigen-Gruppen sprechen während der freien Experimentierphase kürzer über Fragen (DSI-F). Die Gruppen unterscheiden sich auch im Hinblick auf die Länge der Gespräche über Analyse & Interpretation. Minderjährigen-Gruppen sprechen hierüber am längsten, Familien und erwachsene Freundesgruppen etwa gleich lang und erwachsene Einzelpersonen am kürzesten. Diese Trends sind laut Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant (Tab. 22). Für die Zusammenhänge zwischen Gruppentyp und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Trends erkennen.

Tab. 22: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Gruppentyp und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05)

Variable	H (Teststatistik)	df (Freiheitsgrade)	p (asymptotisch Signifikanz zweiseitig)
t (Fragenentwicklung)	5,086	3	0,166
#Fragen (Fragenentwicklung)	2,022	3	0,568
t (freie Experimentierphase)	4,211	3	0,240
#Untersuchungen (freie Experimentierphase)	3,268	3	0,352
t (DSI-F-Gespräche)	1,349	3	0,718
t (DSI-AI-Gespräche)	4,650	3	0,199

5.3 Ergebnisse

Für die Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Gruppentyp und kategorialen Variablen werden die Gruppentypen zusammengefasst, da sonst zu kleine Gruppen entstehen würden. Die neuen Gruppentypen lauten „Gruppen mit Minderjährigen“ (Minderjährigen-Gruppen, Familien) und „Gruppen ohne Minderjährige“ (erwachsene Freundschaftsgruppen, erwachsene Einzelpersonen). Es lassen laut Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Gruppentypen und den kategorialen Variablen erkennen (Gruppentyp x EKW_Struktur: $\chi^2(2) = 0,467$; $p = 0,850$; Gruppentyp x EKW_Güte: $\chi^2(2) = 2,671$; $p = 0,284$).

Betreuer

Werden die Zusammenhänge zwischen Betreuer der Gruppe und den skalierten Verhaltensvariablen betrachtet, lassen sich mehrere Trends erkennen (Tab. 23). Bei einem Betreuer („Nr. 3“) ist Dauer der Fragenentwicklung länger, die Anzahl der entwickelten Fragen höher und die Dauer der Gespräche über Fragen (DSI-F) über die gesamte freie Experimentierphase länger. Diese Trends sind laut Kruskal-Wallis-Test signifikant (Tab. 23). Bei einer Betreuerin („Nr. 6“) dauert die freie Experimentierphase kürzer, die Gespräche über Analyse & Interpretation (DSI-AI) dauern kürzer und die Gespräche über Erkenntnisgewinnung insgesamt (DSI-gesamt) dauern kürzer. Diese Trends sind allerdings laut Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant. Für die Zusammenhänge zwischen Betreuer der Gruppe und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Trends erkennen.

Tab. 23: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Betreuer der Gruppe und skalierten Verhaltensvariablen ($n = 64$, $p = 0,05$)

Variable	H (Teststatistik)	df (Freiheitsgrade)	p (asymptotisch Signifikanz zweiseitig)
t (Fragenentwicklung)	25,855	6	<0,001*
#Fragen (Fragenentwicklung)	23,655	6	0,001*
t (freie Experimentierphase)	11,944	6	0,062
t (DSI-F-Gespräche)	17,048	6	0,009*
t (DSI-AI-Gespräche)	10,909	6	0,091
t (DSI-gesamt-Gespräche)	8,871	6	0,181

Für die Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Betreuer und kategorialen Variablen werden die Betreuer in Gruppen zusammengefasst, da sonst zu kleine Gruppen entstehen würden. Die neuen Gruppentypen lauten „Gruppen mit auffälligen Betreuern“ (Betreuer Nr. 3 und Betreuerin Nr. 6) und „Gruppen ohne auffällige Betreuer“ (Betreuer Nr. 1, 2, 4, 5). Es lassen sich laut Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Betreuern und den kategorialen Variablen erkennen (Betreuer x EKW_Struktur: $\chi^2(2) = 5,842$; $p = 0,055$; Gruppentyp x EKW_Güte: $\chi^2(2) = 1,976$; $p = 0,375$).

Naturwissenschaftliche Bildung

Werden die Zusammenhänge zwischen Gruppen mit/ ohne Mitgliedern mit weiterer naturwissenschaftlicher Bildung und den skalierten Verhaltensvariablen betrachtet, zeigt sich ein Trend. Gruppen mit mindestens einem Mitglied mit weiterer naturwissenschaftlicher Bildung führen weniger Untersuchungen in der freien Experimentierphase durch als Gruppen ohne Mitglieder mit weiterer naturwissenschaftlicher Bildung. Dieser Trend ist laut Kruskal-Wallis-Test signifikant ($H(1) = 4,204$; $p = 0,040$). Für die Zusammenhänge zwischen Gruppen mit/ ohne Mitgliedern mit weiterer naturwissenschaftlicher Bildung und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Zusammenhänge erkennen. Es lassen sich laut Chi-Quadrat-Test auch keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Gruppen mit/ ohne Mitgliedern mit weiterer naturwissenschaftlicher Bildung und den kategorialen Variablen erkennen (Naturwissenschaftliche Bildung x EKW_Struktur: $\chi^2(2) = 0,363$; $p = 0,930$; Naturwissenschaftliche Bildung x EKW_Güte: $\chi^2(2) = 0,342$; $p = 0,929$).

Experimentiererfahrung

Werden die Zusammenhänge zwischen der Experimentiererfahrung und den skalierten Verhaltensvariablen betrachtet, zeigen sich verschiedene Trends (Tab. 24). Gruppen ohne Experimentiererfahrung entwickeln weniger Fragen in der Fragenentwicklung als Gruppen mit anderer Experimentiererfahrung. Gruppen mit Erfahrung aus dem non-formalen oder informellen Bereich entwickeln die meisten Fragen. Bei Gruppen ohne Experimentiererfahrung dauert die freie Experimentierphase länger als bei Gruppen mit anderer Erfahrung. Gruppen ohne Experimentiererfahrung führen weniger Untersuchungen in der freien Experimentierphase durch als Gruppen mit anderer Erfahrung. Gruppen mit Experimentiererfahrung aus dem non-formalen oder informellen Bereich sprechen länger über Fragen (DSI-F) als Gruppen mit anderer Erfahrung. Diese Trends sind allerdings laut Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant. Für die Zusammenhänge zwischen Experimentiererfahrung und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Zusammenhänge erkennen.

Tab. 24: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Experimentiererfahrung und skalierten Verhaltensvariablen ($n = 60$, $p = 0,05$)

Variable	H (Teststatistik)	df (Freiheitsgrade)	p (asymptotisch Signifikanz zweiseitig)
#Fragen (Fragenentwicklung)	9,299	4	0,056
t (freie Experimentierphase)	1,879	4	0,758
#Untersuchungen (freie Experimentierphase)	3,911	4	0,418
t (DSI-F-Gespräche)	5,072	4	0,280

Es lassen sich laut Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Experimentiererfahrung und den kategorialen Variablen erkennen (Experimentiererfahrung x

EKW_Struktur: $\chi^2(6) = 8,352; p = 0,215$; Experimentiererfahrung x EKW_Güte: $\chi^2(6) = 10,412; p = 0,103$).

5.3.3.5 Zusammenhänge zwischen dem Verhalten an der Experimentierstation und den Voraussetzungen der Probanden im Bereich Erkenntnisgewinnung im Pre-Interview

Für eine grobe Abschätzung der Zusammenhänge zwischen dem Verhalten an der Experimentierstation und den im Pre-Interview gezeigten Voraussetzungen der Probanden im Bereich Erkenntnisgewinnung werden die Probandengruppen nach ausgewählten Prädiktoren zur Erkenntnisgewinnung im Pre-Interview gruppiert und die Ausprägung der skalierten (Tab. 20) und kategorialen (s. S. 125) Verhaltensvariablen betrachtet. Die ausgewählten Prädiktoren zur Erkenntnisgewinnung im Pre-Interview sind:

- DSI-F-Kompetenz (niedrig (Niveau 0 und 1), mittel (Niveau 2) und hoch (Niveau 3)),
- DSI-UP-Kompetenz (niedrig (Niveau 0 und 1), mittel (Niveau 2a & 3a) und hoch (Niveau 2b und 3b)),
- DSI-AI-Kompetenz (niedrig (Niveau 0 und 1), mittel (Niveau 2) und hoch (Niveau 3)).

DSI-F-Kompetenz

Werden die Zusammenhänge zwischen der im Pre-Interview gezeigten Kompetenz im Bereich naturwissenschaftlicher Fragen (DSI-F) und den skalierten Verhaltensvariablen betrachtet, lassen sich keine Trends erkennen. Hier lassen sich mittels des Kruskal-Wallis-Tests auch keine signifikanten Zusammenhänge feststellen. Es lassen sich laut Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der DSI-F-Kompetenz und den kategorialen Variablen erkennen (DSI-F-Kompetenz x EKW_Struktur: $\chi^2(4) = 3,221; p = 0,522$; DSI-F-Kompetenz x EKW_Güte: $\chi^2(4) = 0,952; p = 0,921$).

DSI-UP-Kompetenz

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge zwischen der im Pre-Interview gezeigten Kompetenz im Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (DSI-UP) und den skalierten Verhaltensvariablen lassen sich diverse Trends erkennen (Tab. 25). Bei Gruppen mit höherer im Pre-Interview gezeigter DSI-UP-Kompetenz dauert die freie Experimentierphase länger, es werden mehr Untersuchungen durchgeführt und die DSI-UP-Gespräche in der freien Experimentierphase dauern länger. Allerdings ist laut Kruskal-Wallis-Test nur der Zusammenhang zwischen DSI-UP-Kompetenz und der Anzahl der in der freien Experimentierphase durchgeführten Untersuchungen signifikant. Für die Zusammenhänge zwischen DSI-UP-Kompetenz und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Trends erkennen.

Tab. 25: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen DSI-UP-Kompetenz und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05)

Variable	H (Teststatistik)	df (Freiheitsgrade)	p (asymptotisch Signifikanz zweiseitig)
t (freie Experimentierphase)	3,056	2	0,217
#Untersuchungen (freie Experimentierphase)	6,672	2	0,036*
t (DSI-UP-Gespräche)	5,000	2	0,082

Es lassen sich laut Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der DSI-UP-Kompetenz und den kategorialen Variablen erkennen (DSI-UP-Kompetenz x EKW_Struktur: $\chi^2(4) = 1,122$; $p = 0,904$; DSI-UP-Kompetenz x EKW_Güte: $\chi^2(4) = 5,824$; $p = 0,220$).

DSI-AI-Kompetenz

Werden die Zusammenhänge zwischen der im Pre-Interview gezeigten Kompetenz im Bereich Analyse & Interpretation (DSI-AI) und den skalierten Verhaltensvariablen betrachtet, zeigen sich verschiedene Trends (Tab. 26). Bei Gruppen mit mittlerer oder hoher im Pre-Interview gezeigter DSI-AI-Kompetenz dauert die Experimentierphase länger als bei Gruppen mit niedriger im Pre-Interview gezeigter DSI-AI-Kompetenz. Dieser Trend ist laut Kruskal-Wallis-Test signifikant. Bei Gruppen mit hoher im Pre-Interview gezeigter DSI-AI-Kompetenz dauern die Gespräche über Fragen (DSI-F) länger. Dieser Zusammenhang ist laut Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant. Bei Gruppen mit hoher im Pre-Interview gezeigter DSI-AI-Kompetenz dauern die Gespräche über Untersuchungsplanung (DSI-UP) länger. Dieser Zusammenhang ist laut Kruskal-Wallis-Test signifikant. Bei Gruppen mit hoher im Pre-Interview gezeigter DSI-AI-Kompetenz dauern die Gespräche über Analyse & Interpretation (DSI-AI) länger. Dieser Zusammenhang ist laut Kruskal-Wallis-Test signifikant. Bei Gruppen mit hoher im Pre-Interview gezeigter DSI-AI-Kompetenz dauern die Gespräche über Erkenntnisgewinnung insgesamt (DSI-gesamt) länger. Dieser Zusammenhang ist laut Kruskal-Wallis-Test signifikant. Für die Zusammenhänge zwischen DSI-AI-Kompetenz und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Trends erkennen.

Tab. 26: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen DSI-AI-Kompetenz und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05)

Variable	H (Teststatistik)	df (Freiheitsgrade)	p (asymptotisch Signifikanz zweiseitig)
t (freie Experimentierphase)	8,066	2	0,018*
t (DSI-F-Gespräche)	5,118	2	0,077
t (DSI-UP-Gespräche)	6,550	2	0,038*
t (DSI-AI-Gespräche)	7,823	2	0,020*
t (DSI-gesamt-Gespräche)	10,008	2	0,007*

Es lassen sich laut Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der DSI-AI-Kompetenz und den kategorialen Variablen erkennen (DSI-AI-Kompetenz x EKW_Struktur: $\chi^2(4) = 4,993$; $p = 0,288$; DSI-AI-Kompetenz x EKW_Güte: $\chi^2(4) = 5,393$; $p = 0,300$).

5.3.3.6 Zusammenhänge zwischen dem Verhalten der Probanden an der Experimentierstation und dem Selbstbericht im Post-Interview

Für eine grobe Abschätzung der Zusammenhänge zwischen dem Verhalten an der Experimentierstation und den im Post-Interview gemachten Aussagen der Probanden werden die Probanden-Gruppen nach ausgewählten Prädiktoren zu Aussagen im Post-Interview gruppiert und Zusammenhänge mit der Ausprägung der skalierten (Tab. 20) und kategorialen (s. S. 125) Verhaltensvariablen betrachtet. Die ausgewählten Prädiktoren zu Aussagen im Post-Interview sind:

- Schwierigkeit der Fragestellung (schwierig, keine Aussage, einfach),
- Schwierigkeit der Untersuchungsplanung (schwierig, keine Aussage, einfach),
- Schwierigkeit der Analyse & Interpretation (schwierig, keine Aussage, einfach).

Selbstbericht zu Schwierigkeit der Fragen

Betrachtet man die Zusammenhänge zwischen der im Post-Interview berichteten Schwierigkeit des Umgangs mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen und den skalierten Verhaltensvariablen lassen sich diverse Trends erkennen (Tab. 27). Gruppen, die den Umgang mit Fragen einfach finden oder keine Aussage hierzu machen, entwickeln mehr Fragen als Gruppen, die den Umgang mit Fragen schwierig finden. Gruppen, die den Umgang mit Fragen einfach finden oder keine Aussage hierzu machen, führen insgesamt längere Gespräche über Erkenntnisgewinnung (DSI-gesamt) als Gruppen, die den Umgang mit Fragen schwierig finden. Diese Trends sind allerdings laut Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant. Für die Zusammenhänge zwischen der im Post-Interview genannten Schwierigkeit des Umgangs mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Zusammenhänge erkennen.

Tab. 27: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Schwierigkeit der Fragestellung und skalierten Verhaltensvariablen ($n = 64$, $p = 0,05$)

Variable	H (Teststatistik)	df (Freiheitsgrade)	p (asymptotisch Signifikanz zweiseitig)
#Fragen (Fragenentwicklung)	3,177	2	0,204
t (DSI-gesamt-Gespräche)	1,900	2	0,387

Es lassen sich Zusammenhänge zwischen der von den Gruppen berichteten Schwierigkeit im Umgang mit naturwissenschaftlichen Fragen und der Güte der Kommunikation über Erkennt-

nisgewinnung in der freien Experimentierphase erkennen. Gruppen, die den Umgang mit Fragen einfach finden, kommunizieren mit größerer Wahrscheinlichkeit vollständige Forschungszyklen und kommunizieren auch mit größerer Wahrscheinlichkeit über Qualitätsmerkmale (Schwierigkeit-F x EKW_Güte: $\chi^2(4) = 8,694$; $p < 0,050$). Es lassen sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der von den Gruppen berichteten Schwierigkeit im Umgang mit naturwissenschaftlichen Fragen und der dominanten Kommunikationsstruktur erkennen (Schwierigkeit-F x EKW_Struktur: $\chi^2(4) = 5,393$; $p = 0,262$).

Selbstbericht zu Schwierigkeit der Untersuchungsplanung

Für die Zusammenhänge zwischen der im Post-Interview berichteten Schwierigkeit des Umgangs mit naturwissenschaftlicher Untersuchungsplanung und den skalierten Verhaltensvariablen lassen sich diverse nicht signifikante Trends erkennen (Tab. 28). Bei Gruppen, die den Umgang mit Untersuchungsplanung einfach finden, ist die Dauer der Phase der Fragenentwicklung kürzer. Bei Gruppen, die den Umgang mit Untersuchungsplanung einfach finden, ist die Dauer der freien Experimentierphase kürzer. Gruppen, die den Umgang mit Untersuchungsplanung einfach finden, führen weniger individuelle Untersuchungen durch. Bei Gruppen, die den Umgang mit Untersuchungsplanung einfach finden, ist die Dauer der Gespräche über Fragen (DSI-F) kürzer. Bei Gruppen, die den Umgang mit Untersuchungsplanung einfach finden oder keine Aussage machen, ist die Dauer der Gespräche über Untersuchungsplanung (DSI-UP) kürzer. Diese Trends sind allerdings laut Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant. Für die Zusammenhänge zwischen der im Post-Interview genannten Schwierigkeit des Umgangs mit naturwissenschaftlicher Untersuchungsplanung und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Zusammenhänge erkennen. Es lassen sich laut Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der berichteten Schwierigkeit der Untersuchungsplanung und den kategorialen Variablen erkennen (Schwierigkeit-UP x EKW_Struktur: $\chi^2(4) = 4,121$; $p = 0,407$; Schwierigkeit-UP x EKW_Güte: $\chi^2(4) = 8,623$; $p = 0,069$).

Tab. 28: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Schwierigkeit der Untersuchungsplanung und skalierten Verhaltensvariablen ($n = 64$, $p = 0,05$)

Variable	H (Teststatistik)	df (Freiheitsgrade)	p (asymptotisch Signifikanz zweiseitig)
t (Fragenentwicklung)	3,303	2	0,192
t (freie Experimentierphase)	4,656	2	0,097
#Untersuchungen (freie Experimentierphase)	1,918	2	0,383
t (DSI-F-Gespräche)	1,630	2	0,443
t (DSI-UP-Gespräche)	3,158	2	0,206

Selbstbericht zur Schwierigkeit der Analyse & Interpretation

Für die Zusammenhänge zwischen der im Post-Interview berichteten Schwierigkeit des Umgangs mit naturwissenschaftlicher Analyse & Interpretation und den skalierten Verhaltensvariablen lassen sich diverse Trends erkennen (Tab. 29). Bei Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation schwierig finden, dauert die freie Experimentierphase länger als bei Gruppen, die Gruppen den Umgang mit Analyse & Interpretation einfach finden oder keine Aussage hierzu machen. Dieser Zusammenhang ist laut Kruskal-Wallis-Test signifikant. Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation einfach finden oder keine Aussage hierzu machen, entwickeln weniger Fragen als Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation schwierig finden. Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation einfach finden oder keine Aussagen hierzu machen, führen weniger individuelle Untersuchungen durch als Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation schwierig finden. Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation einfach finden oder keine Aussage hierzu machen, führen kürzere Gespräche über Untersuchungsplanung (DSI-UP) als Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation schwierig finden. Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation einfach finden oder keine Aussage hierzu machen, führen kürzere Gespräche über Analyse & Interpretation (DSI-AI) als Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation schwierig finden, führen länger Gespräche über Erkenntnisgewinnung (DSI-gesamt) als Gruppen, die den Umgang mit Analyse & Interpretation schwierig finden. Diese Trends sind allerdings laut Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant. Für die Zusammenhänge zwischen der im Post-Interview genannten Schwierigkeit des Umgangs mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen und den anderen skalierten Verhaltensvariablen lassen sich keine Zusammenhänge erkennen.

Tab. 29: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Schwierigkeit der Analyse & Interpretation und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05)

Variable	H (Teststatistik)	df (Freiheitsgrade)	p (asymptotisch Signifikanz zweiseitig)
#Fragen (Fragenentwicklung)	1,786	2	0,409
t (freie Experimentierphase)	8,392	2	0,015*
#Untersuchungen (freie Experimentierphase)	2,945	2	0,229
t (DSI-UP-Gespräche)	3,459	2	0,177
t (DSI-AI-Gespräche)	5,676	2	0,059
t (DSI-gesamt-Gespräche)	5,819	2	0,055

Es lassen sich laut Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der berichteten Schwierigkeit der Analyse & Interpretation und den kategorialen Variablen erkennen (Schwierigkeit-AI x EKW_Struktur: $\chi^2(4) = 3,898$; $p = 0,440$; Schwierigkeit-AI x EKW_Güte: $\chi^2(4) = 6,819$; $p = 0,143$).

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den Unterkapiteln 5.3.1 bis 5.3.3 wurden die Ergebnisse zu den vier Forschungsfragen (vgl. 5.1) zum Umgang der Probanden und Probanden mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an einem chemischen Gegenstand an der Experimentierstation „ECce!“ im Detail dargestellt. Die Ergebnisse werden nun zusammengefasst. Die Darstellung orientiert sich an den Forschungsfragen der empirischen Untersuchung.

Forschungsfrage 1: Welche Voraussetzungen besitzen die Probanden im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung? (vgl. 5.3.1)

Die Analyse der Pre-Interviews zeigt, dass fast alle Probandengruppen Kompetenz (*doing scientific inquiry* (DSI)) in den drei betrachteten Teilbereichen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Fragen (F), Untersuchungsplanung (UP), Analyse & Interpretation (AI)) besitzen (Abb. 25 bis Abb. 28). Alle Gruppen sind in der Lage, eine naturwissenschaftliche Frage zu formulieren. Hier gibt es eine Tendenz zur Mitte. Die Hälfte aller Gruppen (n = 32; 50,0%) formuliert eine Frage nach Fakten (DSI-F-2) und ein Drittel (n = 21; 32,8%) aller Gruppen formuliert eine unspezifische Frage (DSI-F-1). Bei der naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung und bei der naturwissenschaftlichen Analyse & Interpretation gibt es Tendenzen zu höheren Niveaus. Jeweils etwa die Hälfte aller Gruppen erreicht das höchste Niveau (DSI-UP-3: n = 36; 56,3%; DSI-AI-3: n = 31; 48,4%) und jeweils ein Viertel der Gruppen erreicht das zweithöchste Niveau (DSI-UP-2: n = 15; 23,4%; DSI-AI-2: n = 18; 28,1%). In beiden Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung lässt sich für einige wenige Gruppen keine Kompetenz im Pre-Interview erkennen (DSI-UP-0: n = 6; 9,4%; DSI-AI-0: n = 2; 3,1%).

Im Hinblick auf das Wissen (*understanding about scientific inquiry* (USI)) der Probanden über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zeigt sich ein anderes Bild aus der Analyse der Pre-Interviews (Abb. 29 bis Abb. 31). Hier ist in allen drei Teilbereichen ein auffälliger Anteil an Gruppen, die kein Wissen über den Teilbereich artikulieren (USI-F-0: n = 24; 37,5%; USI-UP-0: n = 19; 29,7%; USI-AI-0: n = 42; 65,6%). Weiterhin sind diverse Gruppen nur in der Lage zu artikulieren, dass einer der drei Teilbereiche Bestandteil der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist (USI-F-1: n = 18; 28,1% USI-UP-1: n = 17; 26,6% USI-AI-0: n = 9; 14,1%). Bei jenen Gruppen, die ein höheres Niveau erreichen, scheint das Wissen über jeden Teilbereich eingeschränkt auf einige wenige Aspekte. In den Teilbereichen naturwissenschaftliche Fragen sowie Analyse & Interpretation von Daten zeigt sich eine Fokussierung des Wissens auf die grundsätzliche Funktion dieser Bereiche (USI-F: Leitfunktion,

USI-AI: Schlussfolgerungen aus Daten ziehen). Im Teilbereich des Wissens über naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (USI-UP) werden überwiegend die Eigenschaften von naturwissenschaftlichen Untersuchungen (z.B. Messwiederholung, konstante Bedingungen) genannt.

Forschungsfrage 2: Welche Verhaltensmuster lassen sich auf Makro-, Meso- und Mikro-Ebene bei der Auseinandersetzung der Probanden mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ identifizieren? (vgl. 5.3.2)

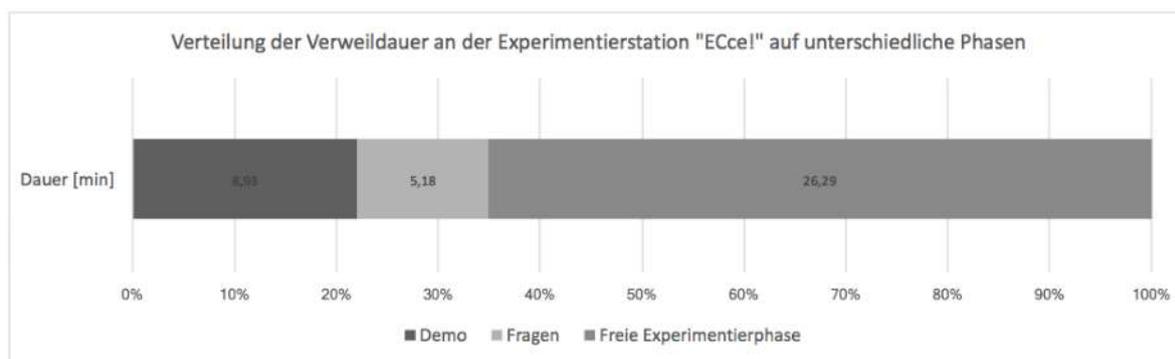


Abb. 59: Verteilung der Verweildauer an der Experimentierstation "ECce!" auf unterschiedliche Phasen

Die gesamte Experimentierphase dauert im Durchschnitt 40,41 Minuten (SD = 15,28; MIN = 16,72; MAX = 98,77). Davon entfallen auf die Phase der Lerner-Demonstrationsexperimente (Kältemischung, Silberiodid-Fällung) im Durchschnitt 8,93 Minuten (SD = 3,22; MIN = 2,33; MAX = 15,55). Die Phase der Fragenentwicklung dauert im Durchschnitt 5,18 Minuten (SD = 1,90; MIN = 2,65; MAX = 11,00). Die freie Experimentierphase dauert im Durchschnitt 26,29 Minuten (SD = 14,61; MIN = 0,00; MAX = 85,25). Die Phase der Lerner-Demonstrationsexperimente wird in der vorliegenden Untersuchung nicht weiter analysiert.

Auf der Makro-Ebene zeigt die Analyse der Fragenentwicklung, dass die Gruppen im Durchschnitt $n = 2,4$ unterschiedliche Fragen stellen. Am häufigsten gestellt werden Fragen nach den Reaktionspartnern ($n = 47$), nach dem Ursprung der Färbung ($n = 26$), nach der Art des entstehenden Gases ($n = 22$), nach dem Ursprung des Aromas ($n = 14$) und nach dem Volumen des entstehenden Gases ($n = 14$). Dabei handelt es sich um die Fragen, die auf den sinnlich (insbesondere Sehen) auffälligsten Beobachtungen basieren.

Ebenfalls auf der Makro-Ebene zeigt die Analyse der individuellen Untersuchungen, dass die Gruppen im Durchschnitt $n = 3,3$ Untersuchungen planen und durchführen. Hier gibt es eine hochsignifikante Korrelation mit mittlerem Effekt zwischen Anzahl der in der Fragenentwicklung gestellten Fragen und Anzahl der geplanten und durchgeführten Untersuchungen ($r = 0,506$; $p < 0,001$). Am häufigsten durchgeführt werden Untersuchungen zu den Reaktions-

partnern (n = 52), zur Art des entstehenden Gases (n = 48), zu der Färbung (n = 21), zum pH-Wert (n = 18) und zum Volumen des entstehenden Gases (n = 15). Häufig planen Gruppen zunächst Untersuchungen zu den Fragen, die sie gestellt haben, führen diese durch und entwickeln dann weitere Fragen und Untersuchungen. So ist die Untersuchung der Reaktionspartner oft Ausgangspunkt für die qualitative Untersuchung des Gases und/ oder die Untersuchung des pH-Wertes. Die Untersuchung der Färbung führt oft zur Untersuchung des Aromas.

Auf der Meso-Ebene wird die Struktur der Kommunikation der Probanden über die Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung während der freien Experimentierphase mittels Kommunikationsgraphen differenzierter betrachtet. Über alle Gruppen hinweg zeigen sich bestimmte Kommunikationsmuster für den Wechsel der Kommunikation in den drei Bereichen Frage, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation. Hier lassen sich vor allem zwei Kommunikationsstrukturen feststellen:

- Lineare Kommunikationsstruktur (DSI-F → DSI-UP → DSI-AI, Abb. 60)

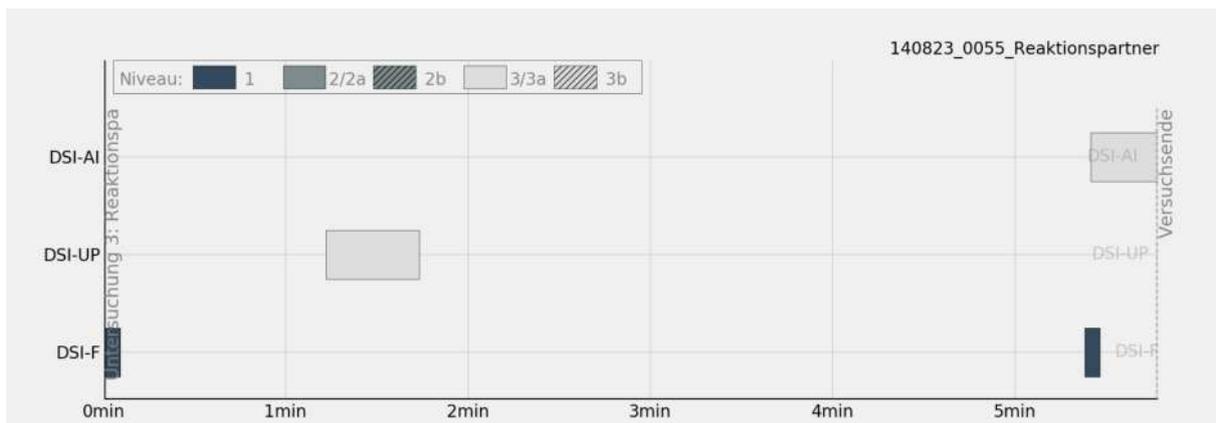


Abb. 60: Kommunikationsstruktur „linear“

- Oszillierende Kommunikationsstruktur (DSI-F → DSI-UP → DSI-AI → DSI-UP ↔ DSI-AI, Abb. 61)

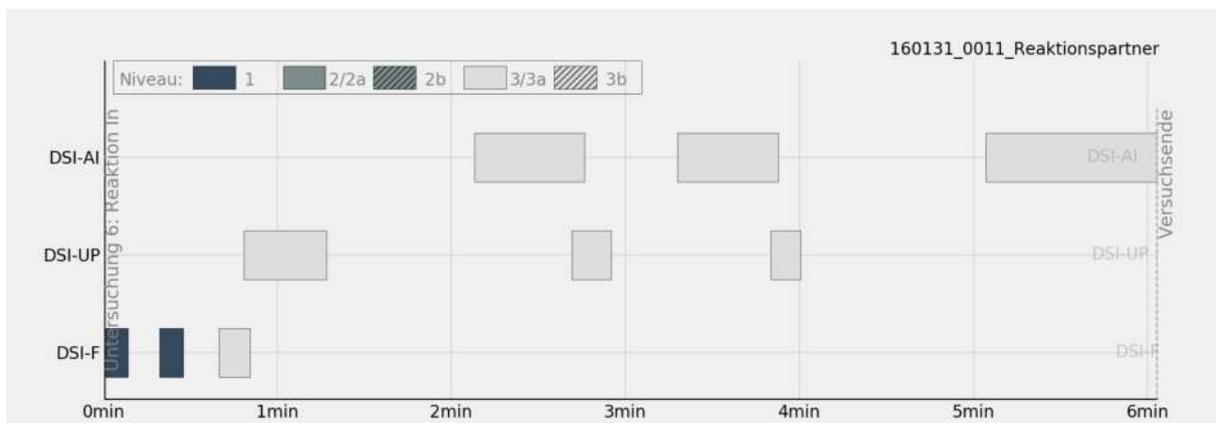


Abb. 61: Kommunikationsstruktur „oszillierend“

Lineare Kommunikationsstrukturen lassen sich überwiegend feststellen bei Untersuchungen zu Fragen nach Fakten (s. Tab. 12; Gas (qual.), Gas (quant.), Farbe, Aroma, pH-Wert, Temperaturänderung (Differenz), Massenänderung (Differenz), Volumenänderung (Differenz)).

Oszillierende Kommunikationsstrukturen lassen sich am häufigsten bei Untersuchungen zu Fragen nach Zusammenhängen feststellen (s. Tab. 12; Untersuchung der Reaktionspartner, Einfluss des Lösungsmittels, Ursache für die Temperaturänderung; die Ausnahme stellt Gas (qual. & quant. dar). Die Probanden durchlaufen also zunächst einen Forschungszyklus aus Fragestellung, Untersuchungsplanung (und -durchführung) und Analyse & Interpretation und kehren danach erneut zur Untersuchungsplanung – insbesondere bei der Untersuchung der Reaktionspartner oft sogar zur Fragestellung – zurück und planen weitere Untersuchungen, die sie durchführen und anschließend analysieren und interpretieren²⁰. Auch für diese oszillierenden Kommunikationsstrukturen scheint es gruppenübergreifende Gründe zu geben. Erstens führt die zunächst geplante Untersuchung oft nicht zur Identifikation des gewünschten Zusammenhangs, da entweder Variablen nicht ausreichend kontrolliert wurden oder die Untersuchung nur negative Ergebnisse liefert. Zweitens wird gerade bei der Identifizierung der Reaktionspartner die Frage häufig noch einmal umformuliert, um entweder eine spezifische Frage nach einem Zusammenhang zu stellen oder sogar eine verallgemeinerbare Aussage über die Reaktion von Säuren und Carbonaten zu erhalten.

Die Kommunikationsstrukturen wurden auch auf der Makro-Ebene der gesamten freien Experimentierphase analysiert (s. S. 118). Hier können etwa die Hälfte aller Gruppen einem präferierten Kommunikationstyp zugeordnet werden. Es werden $n = 17$ (26,5%) Gruppen identifiziert, die dominant gemäß dem Kommunikationstyp „oszillierend“ kommunizieren. Von diesen Gruppen führen $n = 10$ Gruppen drei oder mehr Untersuchungen durch. Es werden $n = 12$ (18,7%) Gruppen identifiziert, die dominant gemäß dem Kommunikationstyp „linear“ kommunizieren. Von diesen Gruppen führen alle $n = 12$ Gruppen drei oder mehr Untersuchungen durch.

Werden alle Untersuchungen einzelner Gruppen gemeinsam betrachtet, können die Gruppen nach der Güte ihrer Kommunikation über Erkenntnisgewinnung eingeteilt werden (s. S. 119). Als Kriterium für die Güte wird zunächst die Kommunikationsstruktur in Form eines idealisierten Forschungszyklus genutzt, d.h. es werden Frage, Untersuchungsplanung sowie Analyse & Interpretation angesprochen. In knapp der Hälfte aller Fälle ($n = 31$; 48,4%) wird im

²⁰ Die qualitative Untersuchung des Gases stellt insofern einen Sonderfall dar, als dass hier auch oszillierende Kommunikationsstrukturen auftreten. Die Probanden planen nach einer ersten Analyse & Interpretation eine weitere Untersuchung, führen diese durch und interpretieren und analysieren die Daten. Dies liegt überwiegend daran, dass zunächst ein unspezifischer Nachweis auf Brennbarkeit durchgeführt wird und dann (oft mit Hilfe des Betreuers) ein zweiter, spezifischer Nachweis mittels Calciumhydroxid-Lösung („Kalkwasserprobe“) geplant und durchgeführt wird.

Rahmen jeder Untersuchung über alle diese drei Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung kommuniziert. Darüber hinaus kann die Qualität der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung entlang der Kategorisierung mittels des Kategoriensystems DSI-UP weiter differenziert werden. Hier wird ein qualitativ höheres Niveau 2b/ 3b vergeben, wenn die Gruppen über eine Eigenschaft naturwissenschaftlicher Untersuchungen kommunizieren (z.B. Messwiederholung, Variablenkontrolle). Ein Drittel aller Gruppen ($n = 20$; 30,2%) kommuniziert mindestens in einer Untersuchungsplanung über eine Eigenschaft naturwissenschaftlicher Untersuchungen (DSI-UP: Niveau 2b/ 3b). Ein Zehntel aller Gruppen ($n = 7$; 10,9%) kommuniziert sogar bei jeder Untersuchung mindestens einmal über eine Eigenschaft einer Untersuchung.

Betrachtet man die dominante Kommunikationsstruktur der Gruppen, deren Kommunikation einen durchgängig vollständigen Forschungszyklus und mindestens eine qualitativ hochwertige Kommunikation über Untersuchungsplanung aufweisen, so ist auffällig, dass $n = 15$ Gruppen (75%) aller Gruppen eine dominant oszillierende Kommunikationsstruktur, $n = 5$ Gruppen (25%) keine dominante Kommunikationsstruktur und $n = 0$ Gruppen eine dominant lineare Kommunikationsstruktur aufweisen. In den $n = 7$ Fällen mit der hochwertigsten Kommunikation über Erkenntnisgewinnung (s.o.; bei jeder Untersuchung wird Frage, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation gesprochen; bei jeder Untersuchungsplanung werden zusätzliche Eigenschaften beachtet) weisen alle Gruppen eine dominant oszillierende Kommunikationsstruktur auf.

Insgesamt zeigen sich also einige typische Muster für das Verhalten von Probanden an der Experimentierstation bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“. Es deuten sich Zusammenhänge zwischen den gestellten Fragen und dem Verlauf der freien Experimentierphase an. Es deuten sich Zusammenhänge zwischen den Untersuchungszielen und der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung an sowohl im Hinblick auf die Kommunikationsniveaus einzelner Gespräche (Mikro-Ebene) als auch im Hinblick auf die Kommunikationsstruktur während einzelner Untersuchungen (Meso-Ebene) und sogar über die gesamte Experimentierphase (Makro-Struktur) hinweg. Diese werden im Detail unter 5.5.2 diskutiert.

Forschungsfrage 3: Welche Aussagen machen die Probanden zu ihrem eigenen Verhalten an der Experimentierstation „ECce!“? (vgl. 5.3.3)

Im Post-Interview machen die Probanden Aussagen zu den drei in dieser Untersuchung betrachteten Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung (Fragen, Untersuchungsplanung, Analyse

& Interpretation). Dabei werden zu jedem der drei Teilbereiche vor allem fünf Themen angesprochen:

- Schwierigkeit,
- Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen,
- Wahrgenommene Hilfestellungen,
- Motivationale Funktion,
- Rolle eines bestimmten Teilbereichs bei der eigenen Erkenntnisgewinnung.

Die Themen werden unterschiedlich häufig bei den drei Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung angesprochen (Tab. 30). Die Schwierigkeit wird am häufigsten kommentiert. Für jeden der drei Teilbereiche bezeichnet je etwa zwei Drittel den Umgang hiermit als einfach und ein Drittel der Gruppen den Umgang als schwierig. Vorwissen und Vorerfahrung werden von den Gruppen besonders häufig bei der Fragenentwicklung und bei der Untersuchungsplanung genannt, um diese Prozesse zu erleichtern. Hilfestellungen werden von den Probanden insbesondere im Bereich der Untersuchungsplanung wahrgenommen. Das Entwickeln eigener Fragen scheint eine besonders starke motivationale Funktion für die Probanden zu besitzen. Für die Fragen wird auch die Rolle im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung am stärksten wahrgenommen.

Tab. 30: Übersicht über die häufigsten Themen im Post-Interview nach den drei Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung (n = 64)

	Fragen	Untersuchungsplanung	Analyse & Interpretation
Schwierigkeit „einfach“	29 (48,3%)	19 (31,7%)	22 (36,7%)
Schwierigkeit „schwierig“	19 (31,7%)	11 (18,3%)	8 (13,3%)
Vorwissen und Vorerfahrung	20 (31,2%)	21 (32,8%)	12 (18,7%)
Hilfestellungen	6 (9,3%)	27 (42,1%)	10 (15,6%)
Motivationale Funktion	17 (26,5%)	5 (7,8%)	5 (7,8%)
Rolle bei der eigenen Erkenntnisgewinnung	29 (45,3%)	0 (0,0%)	4 (6,2%)

Im Rahmen des Post-Interviews wurden die Probanden auch gebeten, über die Kommunikation und Kooperation an der Experimentierstation zu reflektieren. Hier kommen zwei Themen besonders häufig zur Sprache:

- Positive inhaltliche Auswirkungen (z.B. Ideen, Wissen) von Kommunikation und Kooperation allgemein (n = 49; 81,7%)
- Positive motivationale Funktion von Kommunikation und Kooperation (n = 11; 18,3%)

Forschungsfrage 4: Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen ausgewählten Prädiktoren und dem Verhalten der Probanden an der Experimentierstation feststellen? (vgl. 5.3.3.3)

Es wurden die Zusammenhänge zwischen ausgewählten Prädiktoren und skalierten Verhaltensvariablen (Anzahl/ Dauer Fragenentwicklung, Anzahl/ Dauer Untersuchungen, Dauer Kommunikation über Erkenntnisgewinnung insgesamt/ Fragen/ Untersuchungsplanung/ Analyse & Interpretation) sowie kategorialen Verhaltensvariablen (Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung, Güte der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung) geprüft.

Die Prädiktoren sind:

- soziodemographischen Variablen (Gruppentyp, Betreuer, Mitglieder mit weiterer naturwissenschaftlicher Bildung, Experimentiererfahrung)
- Voraussetzungen der Probanden zur Erkenntnisgewinnung: (DSI-F-Kompetenz, DSI-UP-Kompetenz, DSI-AI-Kompetenz)
- Selbstbericht der Probanden (Schwierigkeit der Fragestellung, Schwierigkeit der Untersuchungsplanung, Schwierigkeit der Analyse & Interpretation).

Die skalierten Verhaltensvariablen wurden auf Normalverteilung getestet und überwiegend für nicht normalverteilt befunden. Daher wurde im Folgenden der Kruskal-Wallis-Test zur Berechnung von Zusammenhängen genutzt. Die Zusammenhänge mit den kategorialen Verhaltensvariablen wurden mittels Chi-Quadrat- bzw. Fisher-Exakt-Test berechnet. Eine Zusammenfassung aller Trends (signifikant und nicht signifikant) findet sich in Tab. 21.

Es zeigt sich, dass die Dauer der Fragenentwicklung und Anzahl der entwickelten Fragen signifikant mit dem Betreuer zusammenhängen kann. Bei einem Betreuer werden signifikant mehr Fragen entwickelt und auch signifikant mehr Zeit mit der Fragenentwicklung verbracht als bei den anderen Betreuern. Die Dauer der freien Experimentierphase hängt signifikant mit der DSI-AI-Kompetenz und mit der empfundenen Schwierigkeit der Analyse & Interpretation zusammen. Gruppen mit hoher oder mittlerer DSI-AI-Kompetenz verbringen signifikant mehr Zeit in der freien Experimentierphase. Gruppen, die die Analyse & Interpretation als schwierig empfinden, verbringen signifikant mehr Zeit in der freien Experimentierphase als Gruppen, die sie als einfach empfinden oder sich nicht dazu äußern. Die Dauer der Gespräche über Fragen (DSI-F) kann ebenfalls signifikant mit dem Betreuer zusammenhängen. Auch hier kommunizieren die Gruppen desselben Betreuers wie zuvor signifikant länger über Fragen. Die Dauer der Gespräche über Untersuchungsplanung, die Dauer der Gespräche über Analyse & Interpretation und die Dauer der Gespräche über Erkenntnisgewinnung insgesamt hängen signifikant mit der DSI-AI-Kompetenz zusammen. In allen drei Fällen kommunizieren Grup-

pen mit hoher DSI-AI-Kompetenz länger als Gruppen mit mittlerer oder niedriger Kompetenz. Damit hängt sowohl die Verweildauer als auch die Gesprächsdauer über verschiedene Bereiche der Erkenntnisgewinnung mit der DSI-AI-Kompetenz zusammen, während gleichzeitig kein Zusammenhang mit der Anzahl der Fragen und/ oder Untersuchungen feststellbar ist. Die Güte der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung hängt signifikant mit der wahrgenommenen Schwierigkeit der Auseinandersetzung mit Fragen zusammen. Gruppen, die die Auseinandersetzung mit Fragen als einfach berichten, führen signifikant häufiger gute Untersuchungen durch als Gruppen, die die Auseinandersetzung mit Fragen als schwierig berichten oder sich nicht äußern. Darüber hinaus lassen sich diverse nicht signifikante Zusammenhänge feststellen. Auffällig ist, dass sich keine Trends für Zusammenhänge zwischen der DSI-F-Kompetenz und den Verhaltensvariablen zeigen.

5.5 Diskussion des empirischen Teils

5.5.1 Diskussion der Methodik

In der vorliegenden Studie wird ein konvergent-paralleler *Mixed-Methods*-Ansatz verwendet (Cresswell, 2014, S. 219–223). Dies erfolgte in Kenntnis der sozialwissenschaftlich-methodologischen Diskussion über *Mixed-Methods*-Ansätze (Cresswell, 2014; Flick, 2011; Krathwohl, 2009; Mayring, 2007; Teddlie & Tashakkori, 2011). Hier wird die pragmatische Entscheidung für ein solches Design durchaus kritisch betrachtet und ein Beitrag zur methodischen Weiterentwicklung des *Mixed-Methods*-Ansatzes im Rahmen von Studien unter Nutzung eines solchen Ansatzes gefordert. Allerdings wurde die Entscheidung im Rahmen dieser Studie aus der Perspektive des fachdidaktischen Forschungsinteresses und unter Berücksichtigung von mit dem Forschungskontext einhergehenden pragmatischen Limitationen getroffen. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, das Lehr-Lern-Verhalten der Probanden an der Experimentierstation mit einem besonderen Fokus auf die Erkenntnisgewinnung zu untersuchen. Mit dem Fokus auf naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung in einer Lehr-Lern-Umgebung ist ein klarer, fachdidaktischer Theorierahmen gesteckt, der eigentlich eine quantitative Herangehensweise erlauben würde. Allerdings bestanden in der informellen Lernumgebung nur teilweise kontrollierbare Bedingungen und klassische quantitative Instrumente (z.B. Fragebögen) hätten in hohem Maße das Besuchs- und Lernerlebnis eingeschränkt. Daher wird der hier verwendete konvergent-parallele *Mixed-Methods*-Ansatz mit einer Erhebung verschiedener Datenformate, einer Kombination von textanalytischen und statistischen Methoden und auf der Kombination dieser Daten beruhenden Interpretationen als zulässig und zielführend betrachtet (Cresswell, 2014, S. 219–223).

Die Stichprobe der vorliegenden Studie bedarf ebenfalls der Diskussion, da sie nach der Verfügbarkeit von Probanden gebildet wurde. Damit ist die Grundlage für eine Generalisierung der aus dieser Studie gebildeten Interpretationen nicht in dem Maße gegeben, wie es bei einer anderen Stichprobenziehung der Fall gewesen wäre (Krathwohl, 2009, S. 179). Allerdings war eine andere Stichprobenziehung unter den gegebenen Bedingungen nicht möglich, da für die Datenerhebung nur sechs Wochenenden im Januar und Februar 2016 zur Verfügung standen. Ferner fand die Datenerhebung unter realen Ausstellungsbedingungen statt, d.h. es sollten keine exklusiven Experimentierzeiten für Studienteilnehmer zur Verfügung gestellt werden, die eine gezielte Stichprobenziehung ermöglicht hätten. Allerdings ist die Annahme durchaus legitim, dass es sich bei der Zusammensetzung der Stichprobe um eine repräsentative Population der Besucher der Ausstellung „Völlig losgelöst“ handelt. Außerdem ist die Zu-

sammensetzung aus Besuchern mit einem über dem Bundesdurchschnitt liegenden Bildungshintergrund und einem hohen Anteil an Kleingruppen aus Erwachsenen sowie Familien durchaus repräsentativ für die Besuche in Museen allgemein (Institut für Museumsforschung, 2013, S. 12). Betrachtet man die Größe der vorliegenden Stichprobe, so ist sie für die Forschungsinteressen und -methoden der vorliegenden Studie angemessen. Die Datengrundlage von $N = 64$ Gruppen und $N = 155$ Probanden ist ausreichend groß, um eine Vielzahl an möglichen Verhaltensvariationen an der Experimentierstation abzubilden. Sie ist außerdem groß genug, um deskriptive statistische Verfahren und einige inferentielle statistische Verfahren sinnvoll anzuwenden (s.u.). Gleichzeitig war der Umfang der erhobenen Daten mit den notwendigen Analyseverfahren im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen zu bewältigen (s.u.).

Die Datenerhebung beruhte auf drei Erhebungsinstrumenten: Pre-Interview, Audioaufnahme der Kommunikation an der Experimentierstation, Post-Interview. Das Pre-Interview erwies sich als geeignetes Instrument zur Erfassung der soziodemographischen Daten und mit einer Einschränkung auch zur Erfassung der Voraussetzungen im Bereich Erkenntnisgewinnung. Die soziodemographischen Daten konnten im Interview effizient von den Probanden erhoben werden. Der Erkenntnisgewinnungsteil des Interviews wurde wie unter 5.2.3 beschrieben auf Grundlage bestehender Erhebungsinstrumente für die Erhebung von Wissen und Kompetenz zur Erkenntnisgewinnung von Schülern entwickelt (Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen [IQB], 2014; Lederman et al., 2014, 2013). Das in dieser Studie verwendete Interview erweist sich in Kombination mit den Kategoriensystemen zur Erkenntnisgewinnung als geeignet, um die Kompetenz zu naturwissenschaftlichen Fragen, Untersuchungsplanung sowie Analyse & Interpretation und das Wissen zu naturwissenschaftlichen Fragen und Untersuchungsplanung von Kindern ab dem Grundschulalter bis hin zu Erwachsenen zu erfassen und zu differenzieren (vgl. 5.3.1). Einzig die Erfassung des Wissens über naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation erwies sich als schwierig. Hier zeigte sich im Verlauf der Datenanalyse, dass wesentlich weniger Aussagen zu USI-Analyse & Interpretation kodiert wurden als zu den anderen beiden Wissensbereichen. Dies wird allerdings nicht als Problem der Validität der Kategoriensysteme (s.u.), sondern als Problem der Validität des Interview-Leitfadens erachtet. Sollte der Interviewleitfaden in Zukunft zum Zwecke der Erfassung des Wissens über naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation eingesetzt werden, ist eine vorherige Modifizierung notwendig. Davon abgesehen steht mit dem Interview ein effizientes und effektives Instrument zur nicht-schriftlichen Erfassung eines der vier in den KMK-

Bildungsstandards geforderten Kompetenzbereichs zur Verfügung (KMK, 2005a, 2005b, 2005c).

Die Datenerhebung zur Erfassung des Verhaltens an der Experimentierstation durch Audioaufnahmen erwies sich ebenfalls als geeignetes Instrument. Die Audioaufnahme wurde von den Probanden als wenig intrusiv wahrgenommen, was sich sowohl durch informelle Gespräche mit den Probanden als auch durch einzelne Äußerungen auf den Audioaufnahmen anekdotisch belegen lässt. Darüber hinaus kann die Kommunikation der Probanden auf den Aufnahmen insgesamt als authentisch betrachtet werden, was für die Eignung des Verfahrens spricht. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsinteresses waren die rein sprachlichen und vereinzelt anderweitig akustischen Daten ausreichend inhaltstragend, um die Auswertungsverfahren anwenden zu können (s.u.). Allerdings war hierzu auch eine umfassende Kenntnis der Lernumgebung durch den Autor notwendig. Ferner ist eine Analyse der Untersuchungsplanung zwar möglich, aber für eine Analyse der Untersuchungsdurchführung insbesondere der manipulativen Handlungen wären jedoch weiterhin Videoaufnahmen oder detaillierte Beobachtungsnotizen notwendig (z.B. Gerling, Wegner, & Tiemann, 2014).

Auch das Post-Interview erwies sich mit wenigen Einschränkungen als geeignetes Instrument zur Erfassung eines Selbstberichts der Probanden zu ihrem Handeln und ihrer Kommunikation an der Experimentierstation. Die Vielfalt der Aussagen der Probanden zu den drei Bereichen der Erkenntnisgewinnung und zur Kommunikation und Kooperation bei gleichzeitiger Verallgemeinerbarkeit dieser Aussagen spricht für die Validität des Interviewleitfadens. Trotz Schulung der Betreuer im Hinblick auf das Post-Interview sind in einigen Fällen die Aussagen der Probanden sehr kurz, bei gleichzeitig hohen Redeanteilen der Interviewer mit suggestiven und interpretativen Inhalten. Diese wären nicht geeignet für mögliche spätere Fallstudien. Sollte der Interviewleitfaden in Zukunft wieder Anwendung finden, wäre eine umfangreichere Schulung der Betreuer wünschenswert.

Die Analyse der Voraussetzungen der Probanden zur und der Auseinandersetzung der Probanden mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an der Experimentierstation beruht überwiegend auf der deduktiven qualitativen Inhaltsanalyse von Pre-Interviews und Audioaufnahmen mittels der unter 5.2.4 vorgestellten Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung (Braun, Strippel, & Sommer, 2017; Mayring, 2010; Strippel et al., 2016; Strippel & Sommer, 2015, 2017). Diese Kategoriensysteme erwiesen sich auch in der Anwendung auf die hier vorliegenden Daten als valide und reliabel (vgl. 5.2.4). Darüber hinaus kann auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse eine weitere Ausdifferenzierung der Kategoriensysteme vorgeschlagen werden. Für das Wissen der Probanden über die drei Bereiche der Erkenntnisgewin-

nung zeigen sich Wissensschwerpunkte für Wissensbereiche über Eigenschaften, Funktionen und sonstige Aussagen (vgl. 5.3.1). Für naturwissenschaftliche Fragen sowie Analyse & Interpretation liegen diese Schwerpunkte auf den Funktionen. Für naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung liegt der Schwerpunkt auf den Eigenschaften naturwissenschaftlicher Untersuchungsplanung. Darauf aufbauend könnten diese Aspekte in Zukunft als einfacher angesehen werden und die Vergabe des höchsten Niveaus auf Grundlage der Nennung der jeweils anderen Bereiche erfolgen.

In der vorliegenden Studie beruht die Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse auf einer direkten Kodierung der Audioaufnahme ohne vorheriges Transkript (vgl. Efing & Sommer, 2017). Dies erlaubte ein effizientes Vorgehen bei etwa 3000 Minuten zu kodierendem Audiomaterial aus der Experimentierphase und etwa 600 Minuten Gesprächen, die in den Inhaltsbereich der Kategoriensysteme fallen sowie den 64 Pre-Interviews. Gleichzeitig war die Interkoderreliabilität bei fünf Kategoriensystemen deutlich $> 0,8$. Einzig bei dem Kategoriensystem DSI-Untersuchungsplanung kam es bei längeren Gesprächen zum Inhaltsbereich in der freien Experimentierphase zu Kodierungsproblemen (vgl. 5.2.4). Ein Kodierer überhörte gegebenenfalls einzelne Aspekte einer Kategoriendefinition bei einer längeren Gesprächsdauer und führte zu einer Interkoderreliabilität von knapp unter 0,8. Bei der Analyse der Pre-Interviews wurde ein Mehraufwand nötig, da für jedes Kategoriensystem je genau ein Niveau für jedes Interview vergeben werden sollte. Daher mussten alle Kodierungen auf Niveau 2 innerhalb eines Interviews erneut angehört werden. Als Konsequenz aus diesen Einschränkungen konnte die vorhandene Datenmenge mit den im Rahmen dieser Studie vorhandenen Ressourcen zwar bewältigt werden, eine deutlich größere Stichprobe hätte aber zu einem erheblich größeren Zeitaufwand geführt, da die Kodierung mittels qualitativer deduktiver Inhaltsanalyse der geschwindigkeitsbestimmende Schritt bei der Datenauswertung war.

Die weitere Analyse der durch die qualitative Inhaltsanalyse an der Audioaufnahme erhaltenen eventbasierten Kodierungen mittels Kommunikationsgraphen erwies sich als effizientes und effektives Analyseinstrument. Die Erstellung erfolgte effizient, da sie über ein Python-Skript durchgeführt werden konnte. Hierzu mussten lediglich die Kodierungsdaten aus ELAN im txt-Format exportiert und in ein xlsx-Format umgewandelt werden. Dadurch konnten die Kommunikationsgraphen im Gegensatz zu vorherigen Anwendungen im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik auf eine größere Anzahl an Fällen und eine größere Anzahl an unterschiedlichen Kodierungen pro Fall angewandt werden (vgl. Lehesvuori et al., 2013). Zusätzlich kann durch die farbliche Darstellung der Niveaus einer Kodierung innerhalb eines Kategoriensystems mehr Informationen über die Mikrostruktur eines Gesprächs abgebildet

werden als bisher. Damit bietet die in dieser Studie genutzte Kombination aus qualitativer Inhaltsanalyse und Kommunikationsgraphen auch Potential für die Untersuchung der Qualität von Kommunikationsprozessen in anderen Lehr-Lern-Prozessen.

Schließlich muss im Hinblick auf die Methodik in dieser Studie auch die Anwendung der inferentiellen statistischen Verfahren zur Ermittlung von Zusammenhängen im Rahmen der Forschungsfragen 4 bis 6 diskutiert werden. Wie unter 5.3.3.3 beschrieben war es aufgrund der nicht-parametrischen Verteilung mehrerer Verhaltensvariablen angebracht, Tests für nicht normalverteilte Daten anzuwenden (insbesondere Kruskal-Wallis-H-Test). Diese Tests und die aus ihrer Anwendung resultierenden Graphen zeigten zwar Trends für die Zusammenhänge zwischen diversen Prädiktoren und den Verhaltensvariablen (Tab. 21), allerdings sind diese Zusammenhänge überwiegend nicht signifikant. Beide Probleme sind unter Umständen kein Hinweis auf eine mangelnde Datenqualität oder nicht vorhandene Zusammenhänge, sondern eine Auswirkung der Stichprobengröße. Daher werden diese statistischen Analysen in der vorliegenden Arbeit bewusst als explorativ präsentiert und diskutiert (Krathwohl, 2009, S. 394–395).

5.5.2 Diskussion der Ergebnisse

Forschungsfrage 1: Welche Voraussetzungen besitzen die Probanden im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung?

Die Ergebnisse zu Kompetenz und Wissen der Probanden zu den drei hier betrachteten Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung (Fragen (F), Untersuchungsplanung (UP), Analyse & Interpretation (AI)) werden unter 5.3.1 im Detail beschrieben. Die Ergebnisse zeigen, dass fast alle Probandengruppen Kompetenz in den drei betrachteten Teilbereichen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung besitzen (Abb. 25 bis Abb. 28). Ferner zeigt sich, dass der Anteil von Gruppen mit höchster Kompetenz im Bereich naturwissenschaftlicher Fragen (DSI-F) kleiner ist als im Bereich naturwissenschaftlicher Untersuchungsplanung (DSI-UP) und im Bereich naturwissenschaftlicher Analyse und Interpretation (DSI-AI). Dieser Befund bestätigt die Schwierigkeit des Kompetenzbereichs naturwissenschaftlicher Fragen, der bereits für den schulischen Bereich beschrieben wurde (Chin & Kayalvizhi, 2002; Chin & Osborne, 2008a; Grube, 2010; Hofstein et al., 2005).

Im Hinblick auf das Wissen der Probanden über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zeigt sich ein anderes Bild aus den Ergebnissen der Pre-Interviews (Abb. 29 bis Abb. 31). Hier ist in allen drei Teilbereichen ein auffälliger Anteil an Gruppen, die kein Wissen über den Teilbereich artikulieren. Bei jenen Gruppen, die ein höheres Niveau erreichen, scheint das Wissen über den jeweiligen Teilbereich eingeschränkt auf einige wenige Aspekte. In den

Teilbereichen naturwissenschaftliche Fragen sowie Analyse & Interpretation von Daten zeigt sich eine Fokussierung des Wissens auf die grundsätzliche Funktion dieser Bereiche (USI-F: Leitfunktion, USI-AI: Schlussfolgerungen aus Daten ziehen). Im Teilbereich des Wissens über naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (USI-UP) werden überwiegend die Eigenschaften von naturwissenschaftlichen Untersuchungen (z.B. Messwiederholung, konstante Bedingungen) genannt. Wie bereits unter 2.1.3 beschrieben, liegen bisher zum Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung nur wenige Studien ausschließlich aus dem schulischen Bereich vor (Gaigher et al., 2014; Lederman et al., 2014). Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass auch ältere Personen nicht über ein fundiertes und breites Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung verfügen.

Aus den Ergebnissen der Pre-Interviews werden zwei Vermutungen abgeleitet:

1. Ein Großteil der Besucher einer naturwissenschaftlichen Ausstellung sollte aufgrund ihrer Kompetenzen in der Lage sein, im Bereich naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu handeln, also eine Frage zu entwickeln, eine Untersuchung zu planen, durchzuführen und die Daten zu analysieren und interpretieren.
2. Eine hochwertige Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung sollte für einen Großteil der Besucher einer naturwissenschaftlichen Ausstellung ohne weitere Unterstützung nicht möglich sein, da ein fundiertes Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als Reflexionsgrundlage zur Einschätzung ihres eigenen Handelns fehlt.

Forschungsfrage 2: Welche Verhaltensmuster lassen sich auf Makro-, Meso- und Mikro-Ebene bei der Auseinandersetzung der Probanden mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ identifizieren?

Die Ergebnisse zum Verhalten der Probanden bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ sind unter 5.3.2 im Detail beschrieben. Hier werden diese Ergebnisse entlang der drei Betrachtungsebenen (makro, meso, mikro) und in der Zusammenschau diskutiert. Die Makro-Ebene wird in der vorliegenden Arbeit von der freien Experimentierphase gebildet. Zusätzlich werden Analysen aus der Phase der Fragenentwicklung hinzugezogen. Die Meso-Ebene wird in der vorliegenden Arbeit von den einzelnen Untersuchungen innerhalb der freien Experimentierphase gebildet. Die Mikro-Ebene bilden einzelne Gespräche der Probanden zu den drei hier betrachteten Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung (Fragen, Untersuchungsplanung, Analyse & Interpretation).

Auf der Makro-Ebene wurde zunächst festgestellt, dass alle Gruppen an der Experimentierstation „ECce!“ naturwissenschaftliche Fragen an den chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ stellen und hierzu Untersuchungen durchführen (Abb. 32, Abb. 33). Am häufigsten werden Fragen zu den Reaktionspartnern, der Färbung und dem Gas gestellt (vgl. Tab. 8). Daraus wird folgende Vermutung abgeleitet:

3. Die auffälligsten Phänomene an dem Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ führen am häufigsten zur Formulierung von Forschungsfragen in der Fragenentwicklung.

Die meisten Gruppen führen zunächst eine oder mehrere der Untersuchungen durch, zu deren Untersuchungsziel sie in der Fragenentwicklung eine Frage formuliert hatten. Daraus wird folgende Vermutung abgeleitet:

4. Die Formulierung von Forschungsfragen in der Fragenentwicklung beeinflusst die Art der Untersuchungen, die in der freien Experimentierphase angestellt werden.

Die meisten Gruppen führen mehr als eine Untersuchung durch. Hier zeigt sich, dass die entwickelten Fragen und die geplanten und durchgeführten Untersuchungen sowohl quantitativ als auch qualitativ zusammenhängen (vgl. S. 100 ff.). Je mehr Fragen die Gruppen zu Beginn gestellt hatten, desto mehr Untersuchungen führen sie durch. Grundsätzlich führen die Gruppen mehr Untersuchungen durch als sie zunächst Fragen gestellt hatten. Die zusätzlich durchgeführten Untersuchungen ergeben sich tendenziell aus Fragen, die sich aus der Analyse & Interpretation der zunächst geplanten und durchgeführten Untersuchungen ableiten. Daraus wird folgende Vermutung abgeleitet:

5. Die Inhalte der Experimentierstation „ECce!“ bieten eine ausreichend starke *Hold-Komponente*, um Teilnehmer zu einer längeren Auseinandersetzung zu motivieren.

Auf der Meso-Ebene lässt sich die Struktur der Kommunikation der Probanden über die Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung während der freien Untersuchungsphase mittels Kommunikationsgraphen differenzierter betrachtet (vgl. S. 102 ff.). Über alle Gruppen hinweg zeigen sich bestimmte Kommunikationsmuster für den Wechsel der Kommunikation in den drei Bereichen Frage, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation. Hier lassen sich vor allem zwei Kommunikationsstrukturen feststellen (vgl. Tab. 12):

- Lineare Kommunikation (DSI-F → DSI-UP → DSI-AI)
- Oszillierende Kommunikation (DSI-F → DSI-UP → DSI-AI → DSI-UP ⇔ DSI-AI)

Lineare Kommunikationsstrukturen lassen sich überwiegend feststellen bei Untersuchungen zu Fragen nach Fakten. Bei diesen Untersuchungen wird die Analyse & Interpretation scheinbar als Abschluss wahrgenommen und auf eine Kommunikation über z.B. Messwiederholungen oder alternative Untersuchungsmethoden verzichtet. Oszillierende

Kommunikationsstrukturen lassen sich überwiegend bei Untersuchungen zu Fragen nach Zusammenhängen feststellen. In den Fällen mit oszillierender Kommunikationsstruktur scheint also die tatsächliche und wahrgenommene Unabgeschlossenheit der Untersuchung zu einer Rückkehr zum Forschungszyklus zu führen.

Aus der Betrachtung der Meso-Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung werden eine Vermutung über den Zusammenhang zwischen dem Untersuchungsziel und der Struktur dieser Kommunikation abgeleitet:

6. Die Art des Untersuchungsziels beeinflusst die Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung (Fakten: linear; Zusammenhänge: oszillierend).

Auf der Grundlage der Analysen der Kommunikationsstrukturen auf Meso-Ebene lassen sich diese auch noch einmal globaler auf der Makro-Ebene betrachten (vgl. S. 118 ff.). Etwa die Hälfte aller Gruppen kommuniziert (und handelt) bei allen ihren Untersuchungen nach einem der beiden beschriebenen Kommunikationstypen. Dies spricht dafür, dass die Kommunikationsstruktur nicht nur von dem Untersuchungsziel abhängt. Aus der Betrachtung der Makro-Struktur wird die Vermutung 4 folgendermaßen ergänzt:

7. Auch gruppenimmanente Faktoren (z.B. Vorwissen, Kompetenz, Interesse) beeinflussen die Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung.

Schließlich wird auch die Mikro-Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung anhand der für die einzelnen Gespräche vergebenen Niveaus in den Kategoriensystemen zur Erkenntnisgewinnung betrachtet. Hier zeigen sich qualitative Unterschiede. Je nach Untersuchungsziel werden bestimmte Niveaustufen häufiger vergeben (z.B. Temperatur-Differenz: DSI-F-2: Fakten, DSI-UP-2: Fakten, DSI-AI-1: Ergebnis) (vgl. S. 102 ff.). Daraus wird folgende Vermutung abgeleitet:

8. Die Art des Untersuchungsziels beeinflusst die Niveaus der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung (Fakten: DSI-F-2, DSI-UP-2; Zusammenhänge: DSI-UP-3, DSI-F-3).

Es zeigen sich auch Zusammenhänge zwischen der Mikro-Struktur und der Meso-Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung. Höhere Niveaus der Untersuchungsplanung (DSI-UP-2b/ 3b) werden häufiger bei oszillierenden Untersuchungen kodiert (vgl. S. 102 ff.).

9. Auch die Meso-Struktur der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung beeinflusst die Niveaus der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung (linear: DSI-UP-2a/ 3a; oszillierend: DSI-UP-2b/ 3b).

In der Gesamtschau der Analyse des Verhaltens der Probanden werden zwei weitere Vermutungen aufgestellt:

10. Aufgrund der Konzeption der Experimentierstation „ECce!“ sind ihre Inhalte grundsätzlich zugänglich für Probanden mit unterschiedlichen Voraussetzungen.
11. Aufgrund der Konzeption der Experimentierstation „ECce!“ können sich Probanden mit unterschiedlichen Voraussetzungen auf qualitativ und quantitativ unterschiedliche Art und Weise mit Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand Brausetablette auseinandersetzen.

Forschungsfrage 3: Welche Aussagen machen die Probanden zu ihrem eigenen Verhalten an der Experimentierstation „ECce!“?

Die Ergebnisse aus der Analyse der Post-Interviews werden unter 5.3.3 detailliert dargestellt. Zur Einschätzung ihres eigenen Verhaltens werden von den Probanden vor allem fünf Themen angesprochen (Schwierigkeit, Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen, wahrgenommene Hilfestellungen bei der Erkenntnisgewinnung, motivationale Funktion, Rolle eines bestimmten Teilbereichs bei der eigenen Erkenntnisgewinnung). Die Themen werden unterschiedlich häufig bei den drei Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung angesprochen (vgl. Tab. 15 bis Tab. 17). Noch einmal diskutiert werden sollen hier die Themen „Schwierigkeit“, „Rolle von Vorwissen und Vorerfahrungen“ und „motivationale Funktion“.

Von den Gruppen, die sich zur Schwierigkeit äußern, bezeichnen je etwa zwei Drittel den Umgang mit einem Teilbereich als einfach und ein Drittel der Gruppen den Umgang als schwierig. Hieraus wird folgende Vermutung abgeleitet:

12. Trotz der grundsätzlichen Zugänglichkeit für Probanden mit vielfältigen Voraussetzungen werden die Lernerfahrungen an der Experimentierstation von den Probanden unterschiedlich wahrgenommen.

Vorwissen und Vorerfahrung scheinen für die Gruppe von größerer Bedeutung bei der Fragenentwicklung und bei der Untersuchungsplanung als bei der Analyse & Interpretation. Hilfestellungen werden von den Probanden insbesondere im Bereich der Fragenentwicklung und Untersuchungsplanung wahrgenommen. Hieraus lässt sich folgende Vermutung ableiten:

13. Die Kompetenz in den Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung Fragen und Untersuchungsplanung ist nicht abstrakt, sondern eng gekoppelt an den Bereich Fachwissen und Fachmethodenwissen.

Die motivationale Funktion ist besonders hoch für die Entwicklung eigener Fragen. Hier wird auch die Rolle im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung am stärksten wahrgenommen. Diese positive motivationale Funktion von Fragen deckt sich mit der Argumentation von Chin & Osborne (2008). Die Aussagen passen auch zu den Annahmen des personalen Kontextes im

Kontext-Modell des Lernens von Falk & Dierking (2000) (vgl. 2.2.2). Die Formulierung und Untersuchung eigener Fragen befriedigt also in einem von den Probanden wahrgenommenen Maße die Bedürfnisse nach Auswahl und Kontrolle. Schließlich wurden von den Probanden keine Aussagen zu Anstrengung und Erschöpfung bei der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung gemacht, wie sie von Gutwill & Allen (2010) für die Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung an einem informellen Lernort berichtet werden (vgl. S. 30 ff.). Möglicherweise werden diese Eindrücke vermieden, da in der vorliegenden Studie die Unterstützung von einer Person gegeben wurde und die Probanden sich nicht anhand eines Kartenspiels selbst moderieren mussten.

Im Rahmen des Post-Interviews wurden die Probanden auch gebeten, über die Kommunikation und Kooperation an der Experimentierstation zu reflektieren. Auch hier kommen einige Themen besonders häufig zur Sprache (vgl. Tab. 19):

- Positive inhaltliche Auswirkungen von Kommunikation und Kooperation allgemein
- Positive motivationale Funktion von Kommunikation und Kooperation

Auch wenn sich im Antwortverhalten der Probanden vermutlich zu einem gewissen Teil Effekte sozialer Erwünschtheit finden, deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass die Bedürfnisse der Probanden auch im soziokulturellen Kontext auf eine für sie wahrnehmbare Weise befriedigt werden (vgl. 2.2.2, Falk & Dierking (2000)). Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Post-Interviews über diese Befunde hinaus, dass die Probanden in der Lage sind, differenziert über die Teilnahme an der Experimentierstation zu reflektieren.

Forschungsfrage 4: Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen ausgewählten Prädiktoren und dem Verhalten der Probanden an der Experimentierstation feststellen?

Die Ergebnisse zu den Fragen nach Prädiktoren für Qualität und Quantität des Verhaltens der Probanden bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung am chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ an der Experimentierstation „ECcel!“ sind detailliert unter 5.3.3.3 beschrieben. Es lassen sich eine Reihe von Trends und einige signifikante Zusammenhänge feststellen (vgl. Tab. 21). Diese Trends und Zusammenhänge unterliegen den unter 5.5.1 diskutierten methodischen Einschränkungen durch die Stichprobengröße und die gewählten inferentiellen statistischen Verfahren.

Aus den Trends und Zusammenhängen zwischen den soziodemographischen Variablen und dem Verhalten (vgl. S. 129 ff.) deutet sich an, dass insbesondere die Gruppenzusammensetzung und der Betreuer besonders wichtig für das Verhalten an der Experimentierstation sind. Bei der Gruppenzusammensetzung verhalten sich Gruppen von Minderjährigen und Einzel-

personen tendenziell anders als Familien oder Gruppen von Erwachsenen. Lazonder und Harmsen (2016) stellen bereits fest, dass Unterstützungsmaßnahmen im Bereich Erkenntnisgewinnung von Probanden altersabhängig unterschiedlich genutzt werden. Dies könnte die Unterschiede für Gruppen ohne Erwachsene teilweise erklären. Bei Einzelpersonen werden die persönlichen und sozialen Bedürfnisse eventuell in anderer Weise von der Experimentierstation angesprochen. Im Hinblick auf die Betreuer zeigen sich bei zwei Betreuern Einflüsse. Umgekehrt zeigen sich bei vier Betreuern keine Trends oder signifikanten Einflüsse. Daraus wird folgende Vermutung abgeleitet:

14. Im Rahmen einer solchen Experimentierstation kann eine gleichbleibende Qualität der Betreuung erreicht werden, bei der Verhaltensänderungen dann ausschließlich aus der Konzeption der Experimentierstation und den Voraussetzungen und Vorlieben der Probanden resultieren.

Aus den Trends und Zusammenhängen zwischen den Voraussetzungen der Probanden im Bereich Erkenntnisgewinnung und dem Verhalten (vgl. S. 132 ff.) deutet sich an, dass die Kompetenzen in den Teilbereichen Untersuchungsplanung sowie Analyse & Interpretation besonders wichtig für das Verhalten an der Experimentierstation sind. Höhere Kompetenzen in diesen Bereichen scheinen zu einem längeren Verweilen an der Experimentierstation und einer längeren Gesprächsdauer über Erkenntnisgewinnung zu führen. Zunächst spricht dies für die Validität der Kompetenzmessung in der vorliegenden Studie. Aus dem nicht feststellbaren Einfluss der Fragenkompetenz wird folgende Vermutung abgeleitet:

15. Der besondere Fokus der Konzeption der Experimentierstation auf die Entwicklung von Forschungsfragen (z.B. durch die gesonderte Phase der Fragenentwicklung) kompensiert Unterschiede in der Fragenkompetenz weitgehend.

Aus den Trends und Zusammenhängen zwischen den Selbstberichten der Probanden im Post-Interview und dem Verhalten (vgl. S. 134 ff.) deutet sich an, dass Probanden, die die Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung als einfach betrachten, weniger Untersuchungen durchführen, kürzere Zeit an der Experimentierstation verbringen, kürzer über Erkenntnisgewinnung kommunizieren. Das spricht dafür, dass subjektiv empfundene Schwierigkeit zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit den Inhalten der Experimentierstation führt. Betrachtet man dies zusammen mit dem vorher diskutierten Ergebnis, dass Personen, die länger an der Experimentierstation verbringen, auch tendenziell über höhere Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung verfügen, lässt sich für die Experimentierstation in Ergänzung zu Vermutung 10 postulieren:

16. Aufgrund der Konzeption der Experimentierstation „ECce!“ können sich Probanden mit höheren Kompetenzen und höherer Bereitschaft zum Problemlösen qualitativ und quantitativ umfangreicher mit Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand Brausetablette auseinandersetzen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse ein Spektrum an qualitativen und quantitativen Verhaltensunterschieden und Erklärungsansätzen, wie man sie für eine Lernumgebung mit ihrer Vielzahl an Freiheitsgraden erwarten kann. Gleichzeitig lassen sich durch quantitative und vergleichende Beschreibung der Ergebnisse Systematiken des Verhaltens erkennen, wie sie bisher für den Bereich der informellen Lernorte zu chemischen Inhalten aus anderen Studien (vgl. S. 29) nicht vorliegen (Domenici, 2008; Honskamp, 2010; Schiessl et al., 2007; Silberman et al., 2004; Ucko, 1986; Zare, 1996). Die Ergebnisse zu Forschungsfrage 1 zeigen, dass trotz eines vergleichsweise gehobenen Bildungshintergrunds insbesondere der erwachsenen Teilnehmer unterschiedliche Voraussetzungen im Bereich Erkenntnisgewinnung vorhanden sind. Die Ergebnisse zu Forschungsfrage 2 zeigen, dass sich durch die Kommunikation gewisse Verhaltensmuster bei der Auseinandersetzung mit der Experimentierstation beschreiben lassen. Diese deuten auf einen Zusammenhang zwischen dem Verhalten der Probanden und der Konzeption der Experimentierstation auf Grundlage eines vielfältigen chemischen Gegenstandes kombiniert mit einer an Erkenntnisgewinnung orientierten Vermittlung hin. Die Ergebnisse zu Forschungsfrage 3 zeigen, dass das Erleben an der Experimentierstation von fast allen Probanden positiv bewertet wird, dass aber gleichzeitig die Schwierigkeit der Erfahrung unterschiedlich und im Hinblick auf die Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung differenziert bewertet wird. Die Ergebnisse zu Forschungsfrage 4 deuten schließlich darauf hin, dass das Verhalten bei der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ im Rahmen der Experimentierstation mit einer Reihe intra- und interpersonaler Prädiktoren zusammenhängen könnte. Die Implikationen für weitere Konzeptionen und empirische Studien werden unter 6.2 vorgestellt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung

Die Prozesse naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sind wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung und ein essentieller Bestandteil der chemischen Forschung (The Academies, 2016; OECD, 2013; Osborne et al., 2003; Roberts & Bybee, 2014). Sowohl die Naturwissenschaftsdidaktik als auch die Wissenschaftskommunikation wollen die Auseinandersetzung mit diesen Prozessen fördern und erforschen (Baram-Tsabari & Osborne, 2015; Burns et al., 2003; The Academies, 2016; NRC, 2011). Die Ziele dieser Arbeit sind die Konzeption und Umsetzung einer informellen Lernumgebung zu den Arbeiten des Forschungsclusters RESOLV (Feresin & Havenith, 2017; RESOLV, 2017) in Form einer Wanderausstellung mit Experimentierstation sowie die empirische Untersuchung der Experimentierstation „ECce!“ im Rahmen der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“.

Stand der Forschung

In dieser Arbeit wird auf Theorien und Modelle sowie empirische Erkenntnisse aus der formalen Chemie- und Naturwissenschaftsdidaktik und aus der Didaktik für informelle Lernorte zurückgegriffen (vgl. 2). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung wird differenziert in:

- a) die Denk- und Arbeitsweisen von Naturwissenschaftlern zur Erforschung natürlicher Gegenstände,
- b) einen Inhaltsbereich der naturwissenschaftlichen Bildung (*scientific inquiry* – SI),
- c) ein strukturgebendes Element für Vermittlungsmethoden im naturwissenschaftlichen Unterricht (*inquiry-based learning* – IBL) (vgl. 2.1.1).

Für SI wird hervorgehoben, dass ein idealisiertes Vorgehen bei der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in Form eines Forschungszyklus aus Fragestellung, ggf. Hypothesenbildung, Untersuchungsplanung, Untersuchungsdurchführung und Analyse & Interpretation der Daten erfolgt (vgl. 2.1.2; z.B. Wellnitz et al., 2012). Für jeden dieser Teilbereiche sollen sowohl Wissen (*understandings about scientific inquiry* – USI) als auch Kompetenzen (*doing scientific inquiry* – DSI) vermittelt werden (Lederman et al., 2014; Osborne et al., 2003; Wellnitz et al., 2012). In dieser Arbeit werden die Teilbereiche Fragen (F), Untersuchungsplanung (UP) und Analyse & Interpretation (AI) als Vermittlungsinhalte fokussiert. Empirische Erkenntnisse zur Vermittlung von und Auseinandersetzung Lernender mit diesen Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung (vgl. 2.1.3) heben individuelle Schwierigkeiten für jeden Bereich hervor (Rönnebeck et al., 2016). Als lernförderlich werden insbesondere wie-

derholtes Einüben, eine explizite Vermittlung und eine Modellierung durch die Lehrperson berichtet (Hofstein et al., 2005; Rönnebeck et al., 2016).

Für Vermittlungsmethoden orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (IBL) wird hervorgehoben, dass die Grundstruktur der Vermittlung durch eine Phasierung entlang eines Forschungszyklus gekennzeichnet ist (Koenen et al., 2017; Martius et al., 2016; Pedaste et al., 2015). Innerhalb der Phasen können unterschiedliche Grade der Offenheit (d.h. der Entscheidungsfreiheit durch die Lernenden) ermöglicht werden. Weitere wichtige Elemente sind Fachwissen und Fachmethoden sowie die Kommunikation und Kooperation zwischen den Lernenden. Empirische Studien (vgl. 2.1.5) berichten unabhängig vom Vermittlungsziel größere Lernwirkungen, wenn eine Unterstützung durch eine Lehrperson anstelle einer völligen Offenheit gegeben ist (z.B. Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016). Speziell für die Vermittlung von Erkenntnisgewinnung wird der Einsatz von unterschiedlich stark leitenden Unterstützungsmaßnahmen für Lernende unterschiedlichen Alters berichtet (Lazonder & Harmsen, 2016).

Für informelle Lernorte wird in der vorliegenden Arbeit insbesondere das Kontext-Modell des informellen Lernens betrachtet (vgl. 2.2.2). Hier wird für die Vermittlungssituation an informellen Lernorten (z.B. Ausstellungen) postuliert, dass der a) persönliche, b) soziokulturelle und c) physische Kontext die Lernerfahrung beeinflussen (Falk & Dierking, 2000). Es gibt allerdings bisher kaum Studien, die das tatsächliche Lernverhalten von Besuchern informeller Lernorte beim Experimentieren und/ oder bei der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung betrachten. Die wenigen Studien deuten darauf hin, dass eine solche Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung unter geeigneten Bedingungen beim Experimentieren gelingen kann (Gutwill & Allen, 2010; Honskamp, 2010; Schiessl et al., 2007).

Konzeption

Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ <ul style="list-style-type: none">• Inhalte: <i>Solvation Science</i>, RESOLV-Forschungsprojekte• Vermittlung: explizit, implizit, ästhetisch	Experimentierstation „ECce!“ <ul style="list-style-type: none">• Gegenstand: Brausetablette in Wasser• Vermittlung: handlungsorientiert, IBL, persönliche Betreuung
--	---

Abb. 62: Gesamtkonzept der informellen Lernumgebung

Aufbauend auf dem Stand der Forschung wird in dieser Arbeit die Konzeption einer informellen Lernumgebung zu den Inhalten von *Solvation Science* bestehend aus der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ und der Experimentierstation „ECce!“ beschrieben (vgl. 4, Abb. 62).

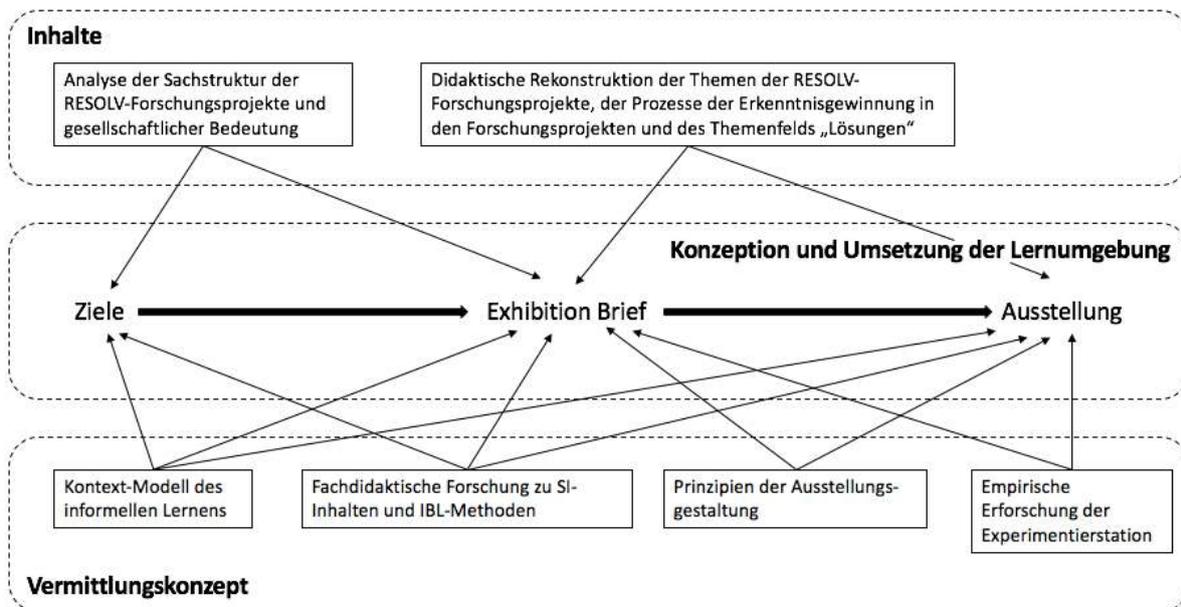


Abb. 63: Modell zur Konzeption der Wanderausstellung "Völlig losgelöst" (verändert nach Laherto, 2013)

Die Konzeption beruht auf einem theoretischen Modell für die didaktische Konzeption von Ausstellungen, das für die vorliegende Arbeit angepasst wurde (vgl. 4; Laherto, 2013). Die Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ wurde entlang der Leitmetapher „Forschung ist wie eine Reise in ferne Welten“ entwickelt (vgl. 4.3). In der modular aufgebauten Wanderausstellung erfolgt die Vermittlung von Aspekten der Erkenntnisgewinnung explizit und implizit an den Inhalten von *Solvation Science* in den Forschungsprojekten von RESOLV (vgl. 4.3.2). Explizit wird Erkenntnisgewinnung an Modulen zu allgemeinen Aspekten der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und speziell zur Arbeit mit wissenschaftlichen Modellen adressiert. Implizit werden die Prozesse der Erkenntnisgewinnung durch die Struktur von sechs Modulen zu sechs RESOLV-Forschungsprojekten abgebildet. Darüber hinaus greifen diverse ästhetische Elemente die Leitmetapher und damit die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung auf (vgl. S. 48).

An der Experimentierstation „ECce!“ erfolgt die handlungsorientierte Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung am Gegenstand „Brausetablette in Wasser“. Die Strukturierung von „ECce!“ (Abb. 64) ergibt sich aus Erkenntnissen über informelle Lernorte und über Vermittlung orientiert an naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Ein geschulter Betreuer unterstützt die Besucher während der gesamten Teilnahme und strukturiert diese.

6.1 Zusammenfassung

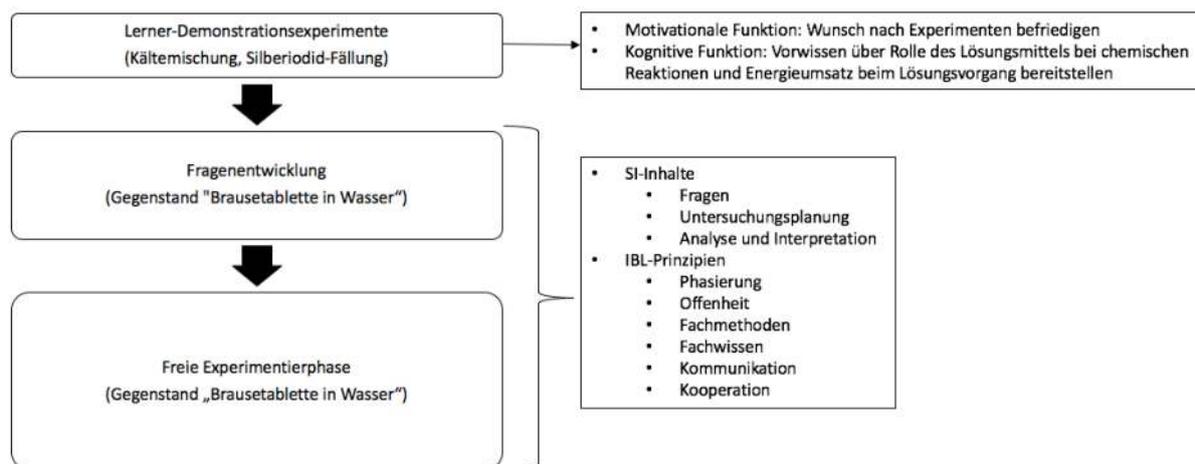


Abb. 64: Schematischer Ablauf der Experimentierstation „ECce!“

Während der Lerner-Demonstrationsexperimente werden wichtige fachliche Vorstellungen zu Lösungsvorgängen und Vorgängen in Lösung thematisiert (Größ-Niehaus, 2010; Taber, 2002). In der Fragenentwicklung stellen die Besucher Fragen zu dem vielfältigen chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“. In der freien Experimentierphase planen die Teilnehmer Untersuchungen zu ihren Fragen, führen diese durch und analysieren und interpretieren sie. Der Betreuer steht dabei als Ansprechpartner zur Verfügung. Die Teilnahme endet, wenn die Besucher keine neuen Fragen entwickeln oder ihre bestehenden Fragen nicht mehr untersuchen möchten.

Die Experimentierstation wurde im ersten Quartal 2015 mit Studierenden der Ruhr-Universität Bochum (RUB) pilotiert und überarbeitet. Anschließend wurde sie im Juli 2015 im Rahmen der BlauPause (ein *Science* Festival zum 50-jährigen Bestehen der RUB) mit Personen der Öffentlichkeit pilotiert. Schließlich wurde die Experimentierstation „ECce!“ in der hier vorgestellten Art und Weise in die informelle Lernumgebung implementiert.

Empirische Studie

Das Ziel der vorliegenden empirischen Studie ist es, das Lehr-Lern-Verhalten der Probanden an der Experimentierstation „ECce!“ mit einem besonderen Fokus auf die Erkenntnisgewinnung zu untersuchen. Der Fokus liegt hier in besonderer Weise auf dem Verhalten bei der handlungsorientierten Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung während der Teilnahme an der Experimentierstation. Dazu wurden folgende Forschungsfragen gestellt (vgl. 5.1):

1. Welche Voraussetzungen besitzen die Probanden im Bereich naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung?

2. Welche Verhaltensmuster lassen sich auf Makro-, Meso- und Mikro-Ebene bei der Auseinandersetzung der Probanden mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ identifizieren?
3. Welche Aussagen machen die Probanden zu ihrem eigenen Verhalten an der Experimentierstation „ECce!“?
4. Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen ausgewählten Prädiktoren und dem Verhalten der Probanden an der Experimentierstation feststellen?

Methode

Die Studie ist angelegt in Form eines konvergent-parallelen *Mixed-Methods*-Ansatzes mit einer Erhebung verschiedener Datenformate, einer Kombination von textanalytischen und statistischen Methoden; die Interpretation beruht auf der Kombination dieser Daten (vgl. 5.2.1; Cresswell, 2014, S. 219–223). Dieses Vorgehen wurde als zulässig und zielführend betrachtet, da aufgrund der geringen empirischen Grundlage für Studien in diesem Bereich keine *a priori*-Hypothesen entwickelt werden konnten.

Die Stichprobe (vgl. 5.2.2) umfasst $N = 155$ Probanden (Alter (MEAN) = 28,38 Jahre (SD = 17,08), Alter (MIN) = 4 Jahre, Alter (MAX) = 80 Jahre, weiblich = 49,70%, männlich = 50,30%) in $n = 64$ Gruppen (Anzahl Personen (MEAN) = 2,42 (SD = 0,869), Anzahl Personen (MIN) = 1, Anzahl Personen (MAX) = 5) in $N = 64$ Gruppen. Die Probanden wurden nach Verfügbarkeit im Rahmen der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ rekrutiert. Die Probanden wurden über die Verwendung der Daten aufgeklärt und es wurde Anonymität zugesichert.

Die Daten wurden im Januar und Februar 2016 erhoben. Die Datenerhebung (vgl. 5.2.3) erfolgte mit drei Instrumenten. Die Probanden wurden zunächst anhand eines Leitfadeninterviews zu Wissen und Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung befragt. Das Interview wurde aus zwei bestehenden Instrumenten für Schüler entwickelt und validiert (IQB, 2014; Lederman et al., 2014, 2013; Strippel & Sommer, 2015). Das Interview wurde audiographiert. Anschließend wurde die Kommunikation der Probanden bei der Teilnahme an der Experimentierstation audiographiert. Schließlich wurde ein Selbstbericht der Probanden zu ihrem Verhalten an der Experimentierstation in einem Post-Interview erhoben. Der Interview-Leitfaden wurde für die Arbeit neu entwickelt. Auch dieses Interview wurde audiographiert.

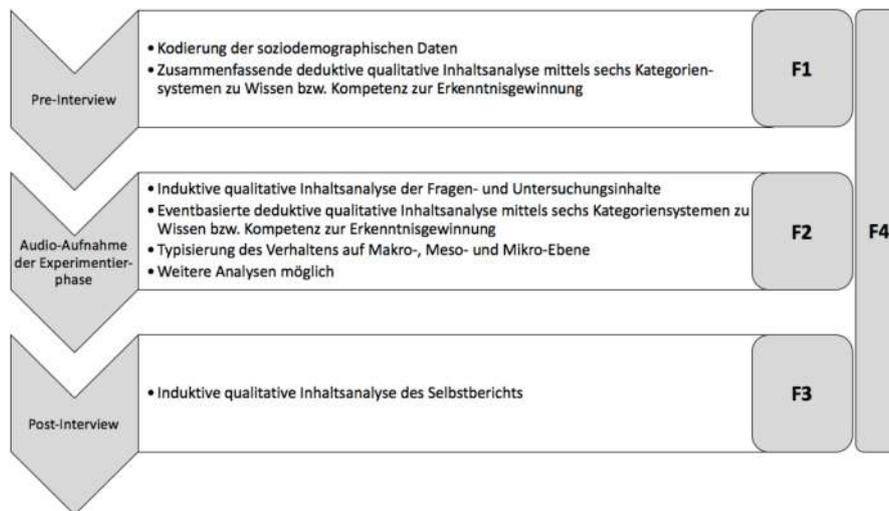


Abb. 65: Inhaltliche Vorgehensweise bei der Datenauswertung

Die Daten wurden mit verschiedenen Verfahren analysiert (vgl. 5.2.4, Abb. 65). Die Pre-Interviews wurden mittels zusammenfassender deduktiver qualitativer Inhaltsanalyse analysiert (Mayring, 2010). Dazu wurden bestehende Kategoriensysteme zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung genutzt (Braun, 2016; Mayring, 2010; Strippel et al., 2016; Strippel & Sommer, 2017b). Die sechs Kategoriensysteme umfassen die drei Teilbereiche Fragen (F), Untersuchungsplanung (UP) sowie Analyse & Interpretation (AI) und für jeden dieser Teilbereiche jeweils in einem Kategoriensystem die Kompetenz (DSI) und in einem Kategoriensystem das Wissen (USI) in vier hierarchischen Stufen.

Die Audioaufnahmen der gesamten Experimentierphase wurden in ELAN eventbasiert mittels qualitativer Inhaltsanalyse analysiert. Dazu wurden dieselben Kategoriensysteme wie für die Pre-Interviews genutzt. Die Kodierungen der freien Experimentierphase wurden anschließend mittels eines Python-Skripts in Kommunikationsgraphen übertragen und diese zur Typisierung der Kommunikationsstruktur genutzt (Lehesvuori et al., 2013). So wird die Kommunikation der Probanden bei der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung am Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ auf Makro-Ebene (gesamte freie Experimentierphase), Meso-Ebene (einzelne Untersuchungen) und Mikro-Ebene (einzelne Gespräche) beschrieben. Zusätzlich wurden die fachlichen Inhalte der Fragenentwicklung und der freien Experimentierphase mittels induktiver qualitativer Inhaltsanalyse erfasst (Mayring, 2010).

Die Post-Interviews wurden mittels induktiver qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring, 2010). Dabei wurden insbesondere Aussagen zur Auseinandersetzung mit den drei Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung und Aussagen zur Kommunikation und Kooperation während der Teilnahme an der Experimentierstation betrachtet.

Im Hinblick auf Forschungsfrage 4 wurden mögliche Prädiktoren (soziodemographische Faktoren, Voraussetzungen im Bereich Erkenntnisgewinnung, Selbstbericht über die Teilnahme) ausgewählt und explorativ auf Zusammenhänge mit ausgewählten Verhaltensvariablen (Anzahl Fragen, Dauer Fragenentwicklung, Anzahl Untersuchungen, Dauer freie Experimentierphase, Dauer Gespräche DSI-gesamt/ DSI-F/ DSI-UP/ DSI-AI, Kommunikationsstruktur, Kommunikationsgüte) getestet. Die Methodik wird ausführlich unter 5.5.1 diskutiert.

Ergebnisse

F1: Welche Voraussetzungen besitzen die Probanden im Bereich naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung? (vgl. 5.3.1)

Die Analyse der Pre-Interviews im Hinblick auf Wissen und Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung zeigt, dass die Probandengruppen über unterschiedliches Vorwissen und Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung verfügen und dabei die Spektra der Kategoriensysteme ausgeschöpft werden. Im Bereich der Kompetenzen erreicht die Hälfte der Gruppen das zweithöchste Niveau im Teilbereich Fragen, in den Teilbereichen Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation erreicht sogar die Hälfte der Gruppen das höchste Niveau. Im Bereich des Wissens wird in den Unterbereichen Fragen und Untersuchungsplanung bei jeweils mindestens einem Drittel der Gruppen das Niveau 0 (kein Wissen erkennbar) kodiert; im Unterbereich Analyse & Interpretation gilt dies sogar für zwei Drittel der Gruppen. Die Gruppen scheinen also überwiegend kompetent, einen Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung durchzuführen, können aber nicht in demselben Maße Wissen hierzu artikulieren.

F2: Welche Verhaltensmuster lassen sich auf Makro-, Meso- und Mikro-Ebene bei der Auseinandersetzung der Probanden mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ identifizieren? (vgl. 5.3.2)

Auf der Makroebene zeigt die Analyse der Fragenentwicklung, dass die Gruppen im Durchschnitt $n = 2,4$ unterschiedliche Fragen stellen. Die Gruppen planen im Durchschnitt $n = 3,3$ Untersuchungen und führen diese durch. Es gibt eine hochsignifikante Spearman-Korrelation mit mittlerem Effekt zwischen Anzahl der in der Fragenentwicklung gestellten Fragen und Anzahl der geplanten und durchgeführten Untersuchungen ($r = 0,506$; $p < 0,001$). Sowohl bei den Fragen als auch bei den Untersuchungen zeigen sich Präferenzen für bestimmte Untersuchungsziele (z.B. Reaktionspartner, Färbung). Außerdem lassen sich inhaltliche Zusammenhänge zwischen Untersuchungen feststellen, die von derselben Gruppe nacheinander

6.1 Zusammenfassung

durchgeführt werden (z.B. qualitative Untersuchung des Gases nach Untersuchung der Reaktionspartner, Untersuchung des pH-Wertes nach Untersuchung der Reaktionspartner, Untersuchung des Aromas nach Untersuchung des Farbstoffes).

Auf Meso-Ebene zeigen sich bestimmte Strukturen für den Wechsel zwischen der Kommunikation in den drei Bereichen Frage, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation. Hier lassen sich vor allem zwei Kommunikationsstrukturen feststellen:

- Lineare Kommunikationsstruktur (DSI-F → DSI-UP → DSI-AI, Abb. 66)

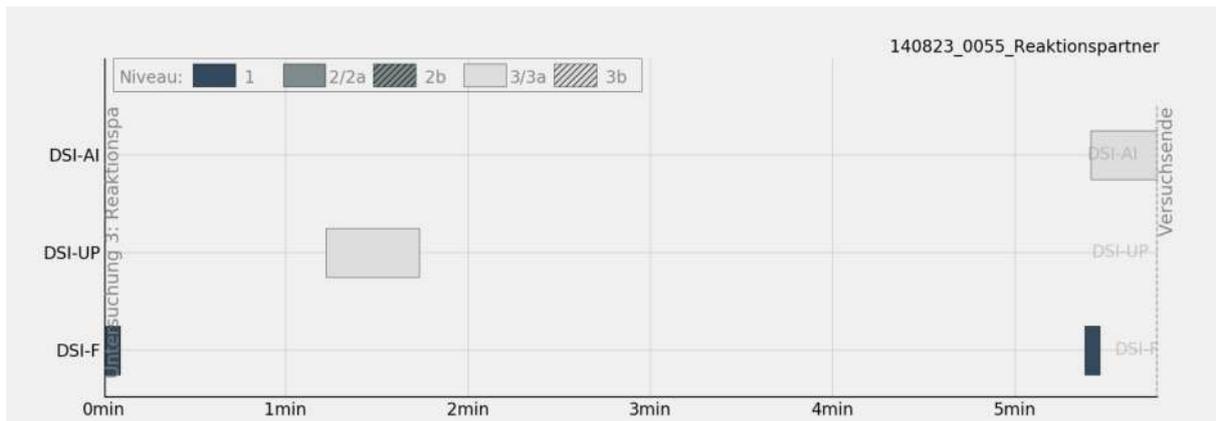


Abb. 66: Kommunikationsstruktur „linear“

- Oszillierende Kommunikationsstruktur (DSI-F → DSI-UP → DSI-AI → DSI-UP ↔ DSI-AI, Abb. 67)

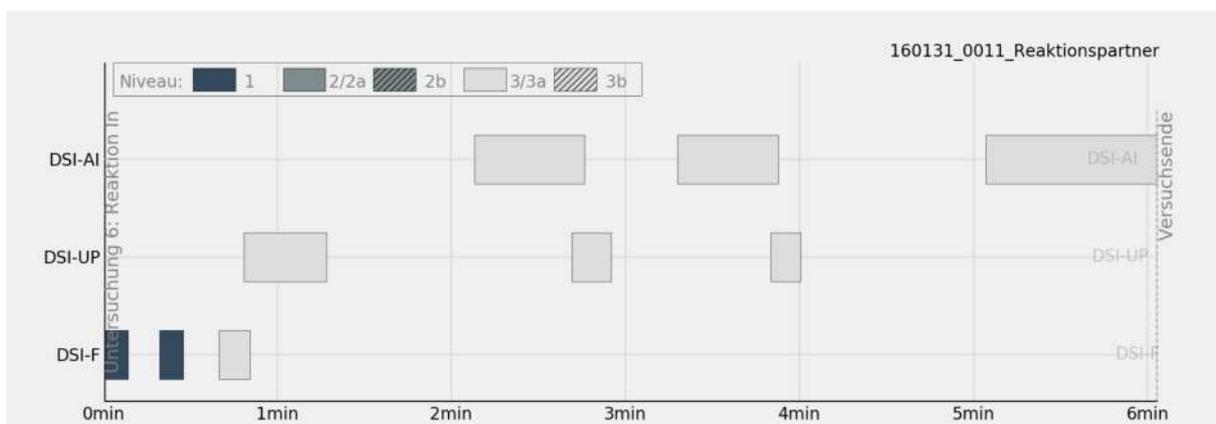


Abb. 67: Kommunikationsstruktur „oszillierend“

Lineare Kommunikationsstrukturen lassen sich überwiegend feststellen bei Untersuchungen zu Fragen nach Fakten. Die Probanden durchlaufen also genau einen Forschungszyklus aus Frage, Untersuchungsplanung(und -durchführung) und Analyse & Interpretation. Oszillierende Kommunikationsstrukturen lassen sich überwiegend bei Untersuchungen zu Fragen nach Zusammenhängen feststellen. Die Probanden durchlaufen also zunächst einen Forschungszyklus aus Fragestellung, Untersuchungsplanung (und -durchführung) und Analyse & Interpretation und kehren danach erneut zur Untersuchungsplanung – z.T. sogar zur Fragestellung

– zurück und planen weitere Untersuchungen, die sie durchführen und anschließend analysieren und interpretieren.

Auf Mikro-Ebene zeigen sich Zusammenhänge zwischen Untersuchungszielen und Niveaus der Kommunikation in den einzelnen Gesprächen. Bei Untersuchungen zu Fragen nach Fakten werden häufiger niedrigere Niveaus für DSI-F, DSI-UP und DSI-AI vergeben. Bei Untersuchungen zu Fragen nach Zusammenhängen werden häufiger höhere Niveaus vergeben.

Wird die Kommunikationsstruktur noch einmal auf Makro-Ebene betrachtet, zeigt sich, dass etwa die Hälfte aller Gruppen zu jeder Untersuchung über alle drei hier betrachteten Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung kommuniziert. Sie durchlaufen also jeweils einen vollständigen, idealisierten Forschungszyklus. Außerdem zeigt sich, dass eine Mehrheit dieser Gruppen auch über alle Untersuchungen hinweg eine oszillierende Kommunikationsstruktur aufweist.

Insgesamt zeigen sich also einige typische Muster für das Verhalten der Probanden an der Experimentierstation bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an dem chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“. Es deuten sich Zusammenhänge zwischen den gestellten Fragen und dem Verlauf der freien Experimentierphase an. Es deuten sich Zusammenhänge zwischen den Untersuchungszielen und der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung sowohl im Hinblick auf die Kommunikationsniveaus einzelner Gespräche (Mikro-Ebene) als auch im Hinblick auf die Kommunikationsstruktur während einzelner Untersuchungen (Meso-Ebene) und sogar über die gesamte Experimentierphase (Makro-Struktur) hinweg.

F3: Welche Aussagen machen die Probanden zu ihrem eigenen Verhalten an der Experimentierstation „ECce!“? (vgl. 5.3.3)

Im Post-Interview machen die Probanden Aussagen zu den drei in dieser Untersuchung betrachteten Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung. Dabei werden vor allem fünf Themen angesprochen: Schwierigkeit, Vorwissen und Vorerfahrung, Hilfestellungen, motivationale Funktion und Rolle des Teilbereichs bei der eigenen Erkenntnisgewinnung. Im Hinblick auf den Selbstbericht der Probanden zu Kommunikation und Kooperation an der Experimentierstation kommen zwei Themen besonders häufig zur Sprache: Positive inhaltliche Auswirkungen von Kommunikation und Kooperation (z.B. Ideen und Wissen der anderen) und die positive motivationale Funktion von Kommunikation und Kooperation.

F4: Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen ausgewählten Prädiktoren und dem Verhalten der Probanden an der Experimentierstation feststellen? (vgl. 5.3.3.3)

Die Ergebnisse zu den Zusammenhängen zwischen möglichen Prädiktoren (soziodemographisch, DSI-Kompetenz, Selbstbericht) und Variablen zur Qualität und Quantität des Verhaltens der Probanden bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung am chemischen Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ an der Experimentierstation „ECce!“ sind in Tab. 21 zusammengefasst.

Für die soziodemographischen Prädiktoren (vgl. S. 129 ff.) werden signifikante Zusammenhänge mit dem Prädiktor „Gruppen mit bzw. ohne Mitglieder mit weiterer naturwissenschaftlich-technischer Bildung“ und mit dem Prädiktor „Betreuer“ festgestellt. Gruppen ohne Mitglieder mit weiterer naturwissenschaftlicher Bildung führen signifikant mehr Untersuchungen durch. Gruppen eines bestimmten Betreuers verbringen signifikant mehr Zeit mit der Fragenentwicklung, stellen signifikant mehr Fragen und führen signifikant länger Gespräche über DSI-Fragen. Für vier Betreuer lassen sich keine Unterschiede im Hinblick auf die Verhaltensvariablen feststellen.

Für die Kompetenz-Prädiktoren (vgl. S. 132 ff.) werden signifikante Zusammenhänge mit „DSI-UP-Kompetenz“ und „DSI-AI-Kompetenz“ festgestellt. Gruppen mit hoher DSI-UP-Kompetenz führen signifikant mehr Untersuchungen durch. Gruppen mit hoher DSI-AI-Kompetenz verbringen signifikant mehr Zeit in der freien Experimentierphase, führen insgesamt signifikant länger Gespräche über DSI und insbesondere über DSI-UP und DSI-AI. Trends im Zusammenhang mit der DSI-F-Kompetenz sind nicht erkennbar.

Für die Prädiktoren aus dem Selbstbericht der Probanden im Post-Interview (vgl. S. 134 ff.) werden signifikante Zusammenhänge mit der berichteten Schwierigkeit von Fragen und von Analyse & Interpretation festgestellt. Gruppen, die Fragen stellen als einfach berichten, führen signifikant häufiger als gut eingestufte Untersuchungen durch. Gruppen, die Analyse & Interpretation als schwierig berichten, verbringen signifikant mehr Zeit in der freien Experimentierphase.

Diskussion

Die Ergebnisse legen eine Reihe von Implikationen nahe, die ausführlich unter 5.5.2 diskutiert werden. Zunächst lässt sich festhalten, dass die Voraussetzungen der Probanden im Bereich der Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung überwiegend der Kompetenzforderung der Bildungsstandards entsprechen und damit als funktionale naturwissenschaftliche Grundbildung betrachtet werden können (OECD, 2013; Roberts & Bybee, 2014; KMK, 2005a, 2005b, 2005c). Allerdings sind die Anteile der Gruppen mit eingeschränkten Voraussetzungen im Bereich des Wissens über naturwissenschaftliche Erkenntnis-

gewinnung hoch. Dies impliziert, dass kein ausreichendes Wissen für eine fundierte Reflexion und Argumentation über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zur Verfügung steht (Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996; Lederman et al., 2014; Osborne et al., 2003).

Die Ergebnisse zum Verhalten der Probanden während der Experimentierphase implizieren zunächst den grundsätzlichen Erfolg der Konzeption der Experimentierstation. Die Analyse auf Makro-Ebene zeigt, dass sich Probanden über einen längeren Zeitraum und überwiegend auf die qualitativ gewünschte Art und Weise eines Forschungszyklus mit dem Gegenstand „Brausetablette in Wasser“ auseinandersetzen. Dies spricht für eine Interessantheit des Inhalts nicht nur im Sinne einer *Catch*- sondern auch im Sinne einer *Hold*-Funktion, für eine Angemessenheit der Schwierigkeit und für eine funktionierende Unterstützung im Sinne einer an Erkenntnisgewinnung orientierten Vermittlung. Auf Meso-Ebene konnte anhand der Kommunikationsgraphen gezeigt werden, dass die einem bestimmten Untersuchungsziel zugrundeliegenden Annahmen über die Erkenntnisgewinnung auch mit der Struktur der Kommunikation der Probanden zusammenhängen (Untersuchungsziel „Fakten erheben“ führt häufig zu linearer Kommunikation und niedrigeren DSI-Niveaus, Untersuchungsziel „Zusammenhänge erheben“ führt häufig zu oszillierender Kommunikation und höheren DSI-Niveaus). Dies hebt die Bedeutsamkeit der Auswahl geeigneter fachlicher Inhalte für die Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung hervor. Die unterschiedliche Qualität der Gespräche über Erkenntnisgewinnung auf Mikro-Ebene unterstützt diese Annahme. Unterschiede zwischen Gruppen auf Makro-, Meso- und Mikro-Ebene zeigen darüber hinaus, dass die Experimentierstation „ECce!“ wahrscheinlich eine Differenzierung nach Interessen und Fähigkeiten der Probanden ermöglicht.

Die Ergebnisse der Post-Interviews unterstützen die Interpretation, dass die Experimentierstation differenzierend wirkt. Die Probanden schätzen die Schwierigkeit unterschiedlich ein und nehmen auch in unterschiedlicher Weise Unterstützung wahr. In diversen Studien wird die besondere Rolle der Fragestellung für den Erkenntnisprozess hervorgehoben (Chin & Osborne, 2008; Hofstein et al., 2005). Hier konnte gezeigt werden, dass dies auch von den Probanden selbst so wahrgenommen wird. Darüber hinaus wird die Rolle von Vorwissen und Vorerfahrung im fachlichen und fachmethodischen Bereich insbesondere bei der Untersuchungsplanung hervorgehoben. Dies impliziert, dass Untersuchungsplanung nicht nur eine abstrakte Kompetenz, sondern ein situiertes Vorgehen ist. Schließlich wird die Kommunikation und Kooperation während der Teilnahme von fast allen Probanden positiv bewertet, was für eine geeignete Beachtung der Bedürfnisse des soziokulturellen Kontextes in dieser informellen Lernumgebung spricht (Falk & Dierking, 2000).

Die Ergebnisse der statistischen Berechnungen zu Zusammenhängen zwischen Prädiktoren und dem Verhalten der Probanden haben einige Implikationen für die Konzeption von Angeboten in informellen Settings. Konzeptionen sollten der unterschiedlichen Zusammensetzung der Gruppen Rechnung tragen. Eine gezielte Schulung von Betreuern sollte für eine gleichbleibende Qualität der Betreuung sorgen. Die Möglichkeit der Differenzierung sollte das Angebot für Besucher mit verschiedenen Voraussetzungen und unterschiedlich empfundener Schwierigkeit attraktiv machen.

Schließlich unterliegen die Ergebnisse dieser Studie einer Reihe von Limitationen (vgl. 5.5.1). Die Stichprobe wurde nach der Verfügbarkeit von Probanden gebildet. Damit ist die Grundlage für eine Generalisierung der aus dieser Studie gebildeten Interpretationen nicht in dem Maße gegeben, wie es bei einer anderen Stichprobenziehung der Fall gewesen wäre (Krathwohl, 2009, S. 179). Allerdings kann die Stichprobe mit Einschränkungen als repräsentativ für einen naturwissenschaftlichen Ausstellungskontext betrachtet werden. Im Hinblick auf die Datenerhebung bestehen ebenfalls Einschränkungen. Es zeigte sich im Laufe der Analyse der Pre-Interviews, dass der Bereich Wissen über Analyse & Interpretation nicht in ausreichendem Maße von den Probanden angesprochen wurde. Trotz Schulung der Betreuer im Hinblick auf das Post-Interview sind in einigen Fällen die Aussagen der Probanden sehr kurz, bei gleichzeitig hohen Redeanteilen der Interviewer mit suggestiven und interpretativen Inhalten. Diese Fälle wären nicht geeignet für mögliche spätere Fallstudien. In der vorliegenden Studie beruht die Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse auf einer direkten Kodierung der Audioaufnahme ohne vorheriges Transkript (vgl. Efing & Sommer, 2017). Für fünf Kategoriensysteme wurde eine gute Interkoderreliabilität $> 0,8$ erreicht (vgl. 5.2.4). Für das Kategoriensystem DSI-UP lag die Interkoderreliabilität knapp unter $0,8$. Schließlich wurden inferentielle statistischen Verfahren zur Ermittlung von Zusammenhängen im Rahmen der Forschungsfrage 4 genutzt. Diese Tests und die aus ihrer Anwendung resultierenden Graphen zeigen zwar Trends für die Zusammenhänge zwischen diversen Prädiktoren und den Verhaltensvariablen (Tab. 21), allerdings sind diese Zusammenhänge überwiegend nicht signifikant. Dies ist unter Umständen kein Hinweis auf eine mangelnde Datenqualität oder nicht vorhandene Zusammenhänge, sondern eine Auswirkung der Stichprobengröße. Daher werden diese statistischen Analysen in der vorliegenden Arbeit bewusst als explorativ präsentiert und diskutiert (Krathwohl, 2009, S. 394).

6.2 Ausblick

Trotz der angesprochenen Limitationen bieten die konzeptionellen und methodischen (Weiter-)Entwicklungen sowie die Ergebnisse der empirischen Studie im Rahmen dieser Arbeit diverse Ansatzpunkte für weitere Forschung und Entwicklung. Die Konzeptionen bieten außerdem Möglichkeiten für einen direkten Einsatz in verschiedenen Vermittlungssituationen.

Im Rahmen der konzeptionellen Arbeiten konnte das bisher nur theoretisch beschriebene Ablaufmodell für die didaktische Konzeption von Ausstellungen nach Laherto (2013) an dem realen Vorgehen bei Entwicklung der informellen Lernumgebung geprüft werden. Das Modell erwies sich als grundsätzlich tragfähig. Es wäre wünschenswert, die Perspektiven der verschiedenen Beteiligten (Wissenschaftler, Gestalter, Fachdidaktiker, Besucher) noch detaillierter zu beschreiben. Dies könnte beispielsweise in Form einer qualitativen Interview-Studie mit den beteiligten Stakeholdern geschehen. Diese müsste zum Ziel haben, zu identifizieren, inwiefern die Beteiligten ihre Perspektive durch das Vorgehen bei der Konzeptionierung der Lernumgebung und durch die Umsetzung durch die Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ mit der integrierten Experimentierstation „ECce!“ repräsentiert sehen.

Für den weiteren Einsatz der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ und der Experimentierstation „ECce!“ bestehen Anwendungsmöglichkeiten in formalen und informellen Kontexten. Die Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ könnte im formalen Kontext an Schulen und Universitäten gezeigt werden. Hier kann ein rein informelles Ausstellen erfolgen oder es könnten pädagogisch-didaktisch strukturierte Führungen erfolgen. Im informellen Kontext kann die Wanderausstellung an weiteren Orten gezeigt werden. Dies ist mit dem Botanischen Garten Bochum und dem Museum Strom und Leben (Recklinghausen) zu diesem Zeitpunkt bereits an zwei Orten erfolgt. Die Experimentierstation „ECce!“ könnte im formalen Kontext Schule in ihrer Gesamtheit im Sinne eines *Egg-Races*²¹ eingesetzt werden. Es ist aber auch ein gezielter vergleichender Einsatz ausgewählter Untersuchungen denkbar. Werden beispielsweise die Untersuchung zu Reaktionspartnern und die qualitative Untersuchung des Gases arbeitsmäßig durchgeführt, können die auffälligen Aspekte der Erkenntnisgewinnung in der Fragestellung (Zusammenhang versus Fakten), bei der Untersuchungsplanung (Kontrollansatz, Variablenkontrolle versus Blindprobe, Messwiederholung) und bei der Analyse & Interpretation (Generalisierbarkeit versus Sicherheit) thematisiert werden. Im informellen Kontext lässt sich eine Nutzung der Experimentierstation im Sinne einer *Science Busking*-Aktivität²² auf *Science* Festivals nutzen (Sayer, Featherstone, & Gosling, 2014). Es ist aber auch eine An-

²¹ *Egg Races* sind offene Aufgabenstellungen, die unter gegebenen Rahmenbedingungen erfüllt werden sollen.

²² “Science busks are short, interactive games and demonstrations related to specific subjects that are designed to pique people’s curiosity and create a sense of fun and enjoyment.” (Sayer et al., 2014, S. 66)

wendung im Rahmen des aufkommenden Trends der *Citizen Science*²³ denkbar (BMBF, 2015, 2016; Bonn et al., 2016). Während Bürgerbeteiligung bei wissenschaftlichen Vorhaben in der Vergangenheit auf die Phase der Datenerhebung (z.B. Vögel zählen, Wasserwerte messen) beschränkt war, sollen Bürger in Zukunft stärker in den gesamten Forschungsprozess eingebunden werden. Hier könnte ein Einsatz der Experimentierstation „ECce!“ zu Beginn eines solchen Projektes ein Anlass für die Diskussion über Herausforderungen und Möglichkeiten des wissenschaftlichen Forschungsprozesses von der Findung und Festlegung der Frage über die Planung der Untersuchung bis hin zum Umgang mit den Erkenntnissen sein.

Im Rahmen der empirischen Arbeit dieser Studie wurden methodische Weiterentwicklungen vorgenommen, die ebenfalls zukünftig Anwendung finden können. Das Interview zur Erkenntnisgewinnung kann in formalen und informellen Kontexten eingesetzt werden, in denen derartiges Wissen und Kompetenz erfasst werden sollen, aber auf eine schriftliche Abfrage verzichtet werden soll. Dies kann im formalen Kontext aufgrund von fehlender Lese- und Schreibkompetenz empfehlenswert sein oder um den Test-Charakter zu reduzieren. Die bei der Datenauswertung angewandte Kombination aus qualitativer Inhaltsanalyse ohne Transkript in ELAN und Visualisierung von Kommunikationsgraphen ermöglicht eine Visualisierung komplexer Kommunikations- und Verhaltensabläufe wie sie bisher in diesem Umfang in der Naturwissenschaftsdidaktik nicht berichtet wurde (Lehesvuori et al., 2013). Dieses Verfahren kann als qualitätssicherndes Instrument für quantitative Pre-Post-Studien genutzt werden. So könnte gezeigt werden, dass bei *Control*- und *Treatment*-Gruppen tatsächlich das Verhalten vorliegt, das untersucht werden soll. In eher qualitativ angelegten Studien kann das Verfahren genutzt werden, um Verhaltensvariationen zu beschreiben und aus einer größeren Stichprobe mit unbekanntem Verhaltensvariationen geeignete Probanden mit stark unterschiedlichem Verhalten für weitere Datenerhebungen und -analysen auszuwählen.

Durch die Ergebnisse der empirischen Studie deuten sich einige zukünftige Forschungsfragen an. Der angedeutete Zusammenhang zwischen Untersuchungsziel und Kommunikationsstruktur über Erkenntnisgewinnung auf Meso- und Mikro-Ebene wurde hier in einer Lernumgebung mit einem durchgängig präsenten Betreuer mit einem nicht vollständig kontrollierten Unterstützungsverhalten aufgezeigt. Es deutete sich aber bereits an, dass der Betreuer einen signifikanten Einfluss auf einzelne Verhaltensvariablen zur Erkenntnisgewinnung besitzen kann. Daher wäre die Bearbeitung zweier Fragen lohnenswert: Lassen sich dieselben Zusammenhänge zwischen Kommunikation über Erkenntnisgewinnung und Untersuchungsziel bei

²³ „Citizen Science umfasst die aktive Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern in verschiedenen Phasen des Forschungsprozesses in den Geistes-, Natur- und Sozialwissenschaften. Die Beteiligung reicht von der Generierung von Fragestellungen, der Entwicklung eines Forschungsprojekts über Datenerhebung und wissenschaftliche Auswertung bis hin zur Kommunikation der Forschungsergebnisse.“ (Bonn et al., 2016, S. 13)

unterschiedlichen Graden der Unterstützung identifizieren? Wie ändern sich ggf. die Zusammenhänge zwischen Kommunikation über Erkenntnisgewinnung und Untersuchungsziel bei unterschiedlichen Graden der Unterstützung? Es wurde auf Grundlage der Ergebnisse postuliert, dass die Experimentierstation ein großes Differenzierungspotential nach Interesse, inhaltlichen Voraussetzungen (Fachwissen, Erkenntnisgewinnungskompetenz) und wahrgenommener Schwierigkeit besitzt. In der vorliegenden Studie wurde keine Post-Leistungsmessung durchgeführt. Dies könnte in einer stärker kontrollierten Umgebung erprobt werden: Welche Lernwirkungen werden bei Personen/ Gruppen mit unterschiedlichen Voraussetzungen (und unterschiedlichem Verhalten) an der Experimentierstation erzielt? Darüber hinaus scheint die Experimentierstation „ECce!“ den Umgang der Teilnehmer mit naturwissenschaftlichen Fragen insoweit zu unterstützen, dass hier keine Zusammenhänge zwischen Fragenkompetenz und Verhalten festgestellt werden. Hier wäre es lohnenswert zu untersuchen, inwiefern dies durch die Strukturierung der Experimentierstation und durch das Verhalten der Betreuer bedingt ist.

Außerdem wurde in der vorliegenden Studie die Wechselwirkung zwischen Wanderausstellung und Experimentierstation nicht empirisch erfasst. Durch Gespräche mit den Probanden wurde jedoch deutlich, dass die Experimentierstation oft der Grund für den Besuch war. Gleichzeitig stellten die Probanden an der Experimentierstation immer wieder Bezüge zur Wanderausstellung her, indem sie sowohl auf Aspekte der Erkenntnisgewinnung in der Ausstellung (z.B. Eingangscomic) als auch auf fachliche Aspekte (z.B. Rolle des Lösungsmittels) Bezug nahmen. Hier wären zwei Stoßrichtungen von Interesse: Welche Bezüge stellen die Besucher während des Besuchs zwischen Wanderausstellung und Experimentierstation her? Wie erinnern die Besucher die Zusammenhänge zwischen der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ und der Experimentierstation „ECce!“ in zeitlicher Distanz zu ihrem Besuch?

Schließlich kann die vorliegende Arbeit nur ein Schritt auf dem Weg sein, die Forderung nach einer stärkeren Verknüpfung von formaler und informeller Naturwissenschaftsdidaktik sowie Wissenschaftskommunikation voranzutreiben. Die hier beschriebenen konzeptionellen und empirischen Vorgehensweisen und Ergebnisse bedürfen daher der kritischen Prüfung durch andere Anwender. Das Ziel sollte dabei immer sein: Wir wollen die Konzeption, Implementierung und Erforschung naturwissenschaftlicher Vermittlungsprozesse verbessern, um die Lern-, aber auch die Lehrerfahrungen für alle Beteiligten zu verbessern.

7 Summary and Outlook

7.1 Summary

The processes of scientific inquiry are important constituents of scientific literacy as well as essential aspects of chemical research (The Academies, 2016; OECD, 2013; Osborne et al., 2003; Roberts & Bybee, 2014). Science education and science communication aim to promote and investigate people's engagement with these processes (Baram-Tsabari & Osborne, 2015; The Academies, 2016; NRC, 2011). The first aim of this dissertation is to develop and implement a concept for a free-choice learning environment presenting the research of the RESOLV Cluster of Excellence EXC 1069 as a travelling exhibition including a mobile laboratory (Feresin & Havenith, 2017; RESOLV, 2017). The second aim is to investigate the visitors' engagement with scientific inquiry while participating in the mobile lab "ECce!" in the travelling exhibition "*Völlig losgelöst*"²⁴ (completely detached).

Theoretical background

This dissertation uses theories and models as well as empirical results from formal science education and from free-choice education.

Scientific inquiry is defined as (Crawford, 2014; NRC, 1996):

- a) The diverse ways in which scientists study the natural world,
- b) A content area of science education that comprises the skills and knowledge students are expected to use (scientific inquiry – SI),
- c) A way of teaching and learning that uses scientific inquiry as a structural element of the education process (inquiry-based learning – IBL).

Scientific inquiry as a content area is reduced in complexity compared to what scientists do. It is usually based on an idealized research cycle starting with a question, sometimes followed by a hypothesis, then investigation design, carrying out the investigation, and concluded with analysis and interpretation of the data (e.g. Wellnitz et al., 2012). Each aspect of scientific inquiry requires understandings about scientific inquiry (USI) and skills in doing scientific inquiry (DSI) (Lederman et al., 2014; Osborne et al., 2003; Wellnitz et al., 2012). This study focusses on questions (Q), investigation design (D) and analysis and interpretation (AI) as content areas. Empirical results on students' engagement with and learning about these aspects of scientific inquiry point to several difficulties students have with each aspect. They

²⁴ The title relates to the German title of the song "Major Tom (Coming Home)". Thus, the play on words really only works in German.

also suggest that some measures improve engagement and learning, e.g. repetition, explicit teaching and modelling (Hofstein et al., 2005; Rönnebeck et al., 2016).

Inquiry-based learning is defined by several characteristics. The main characteristic is that the teaching and learning process is chronologically structured according to the phases of a research process (Pedaste et al., 2015). These phases can be opened or closed to shift choice and responsibility between teacher and learner. Further important characteristics are the use of content knowledge and subject-specific methods of investigation as well as communication and cooperation. Empirical studies report greater effectiveness of learning, when the process is supported by an educator instead of leaving the inquiry completely open to the choices of the learners (e.g. Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016). Regarding learning of and about scientific inquiry, studies report that different means of support have different effects on learners of different ages (Lazonder & Harmsen, 2016).

Looking at free-choice education, this study specifically draws on the contextual model of learning (Falk & Dierking, 2000). It describes free-choice learning as being influenced by personal, sociocultural and physical contexts. These need to be taken into account when designing free-choice learning environments. However, there are hardly any studies investigating people's behavior when engaging with chemical content and/ or scientific inquiry in free-choice environments. Still, it seems possible to engage people with scientific inquiry in free-choice environments (Allen, 1997; Gutwill & Allen, 2010; Luce et al., 2016).

Concept of the free-choice learning environment

Travelling exhibition “Völlig losgelöst”	Mobile laboratory “ECce!”
<ul style="list-style-type: none"> • Contents: <i>Solvation Science</i>, RESOLV research projects • Approach: explicit, implicit, aesthetic 	<ul style="list-style-type: none"> • Contents: vitamin tablet in water, experiments • Approach: inquiry-based learning, personal support

Fig. 1: Concept of the free-choice learning environment

Against the theoretical background, a concept for a free-choice learning environment was developed including content from the area of solvation science. The free-choice learning environment includes the travelling exhibition “Völlig losgelöst” and the mobile laboratory “ECce!”.

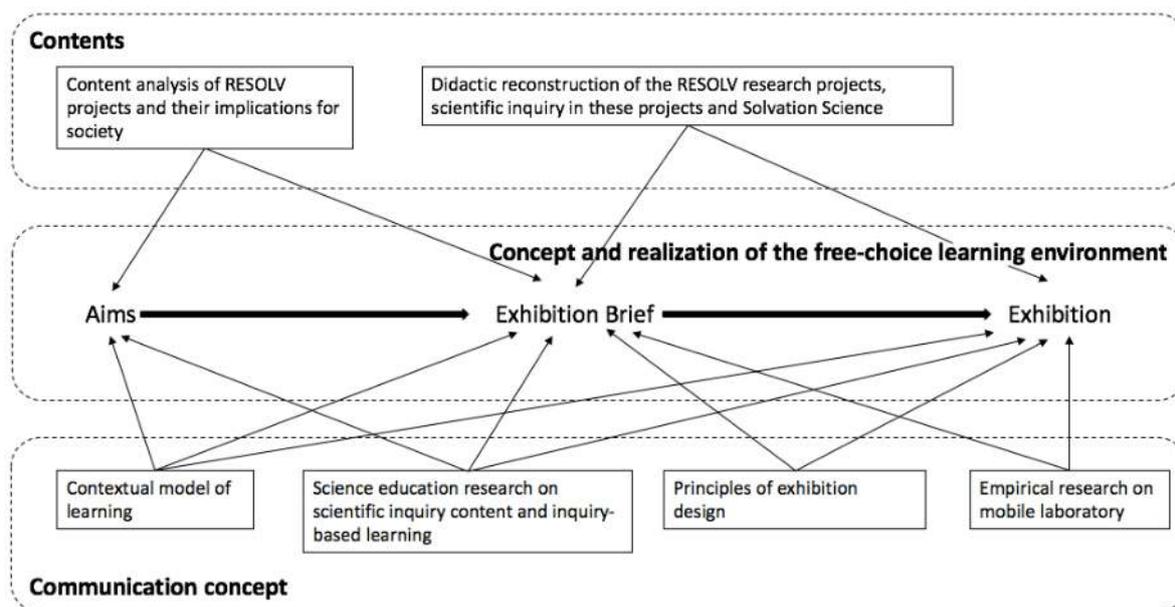


Fig. 2: Model for the development of the travelling exhibition "Völlig losgelöst" (adapted from Laherto, 2013)

The concept was developed according to an adapted version of a theoretical model for developing exhibitions from a science education perspective (Laherto, 2013). The development of the travelling exhibition "Völlig losgelöst" was guided by the metaphor "Science is an expedition into distant worlds". The travelling exhibition consists of different modules and presents scientific inquiry explicitly and implicitly using solvation science content and RESOLV research projects as examples. Scientific inquiry is presented explicitly at modules discussing general aspects of the research process and at a module dealing with scientific models. It is presented implicitly through the structure of the modules presenting individual RESOLV research projects. Here, module texts present questions, methods of investigation and preliminary results and interpretations. Furthermore, aesthetic elements (e.g. a large comic) are reminiscent of scientific inquiry.

The mobile laboratory "ECce!" (from lat. "look")²⁵ engages visitors in scientific inquiry about the phenomenon "vitamin tablet in water". The concept of the teaching and learning process at "ECce!" is based on inquiry-based learning and the contextual model of learning. Visitors are supported by a science educator at all times.

²⁵ In German, the full title of the mobile laboratory yields the acronym ECce. It translates into "Engaging with scientific inquiry and Chemistry during experimentation".

7.1 Summary

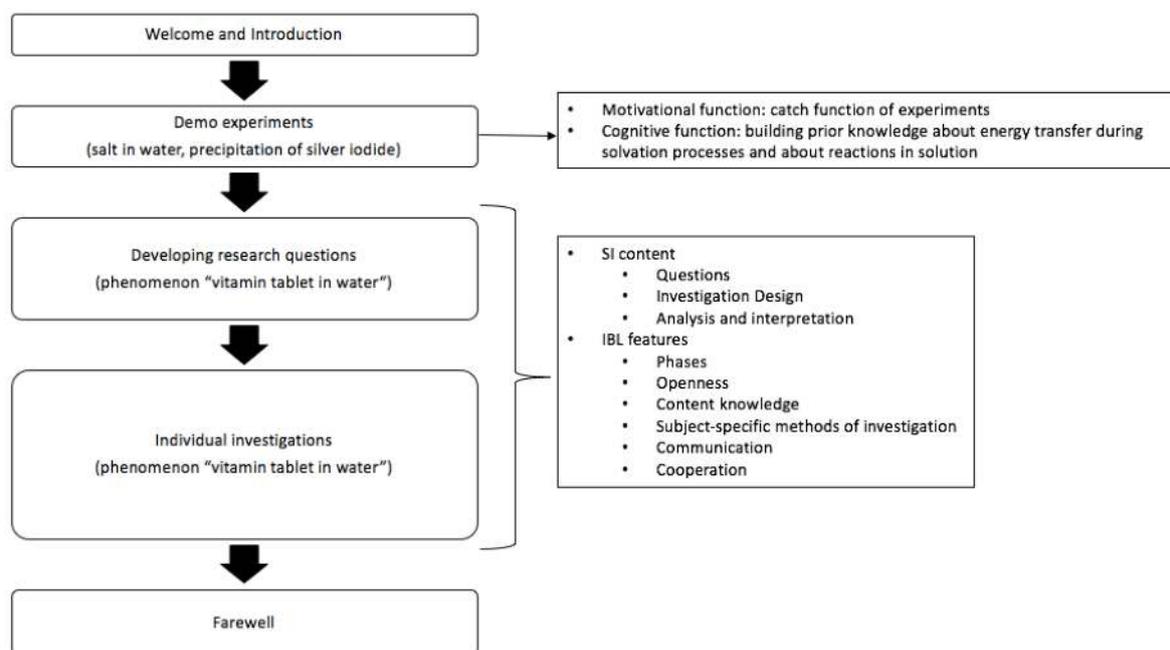


Fig. 3: Concept of the mobile laboratory "ECce!"

The demo experiments address important prior concepts about solvation and solutions (Kind, 2004; Taber, 2002). When the visitors are asked to develop research, the science educator presents the phenomenon "vitamin tablet in water". The visitors state their observations and then try to develop at least one question for each observation. Then, they develop and carry out individual investigations for each question. They can also develop further questions and investigations. The science educator acts as an expert if the visitors require help. The visit ends, when the visitors do not pose any further questions or choose not to investigate their remaining questions.

The mobile laboratory was first piloted with students of Ruhr-University Bochum at the beginning of 2015. It was again piloted with the wider public during a science festival in July 2015. Finally, the mobile laboratory "ECce!" was implemented into the free-choice learning environment in its current fashion.

Empirical study

The aim of the empirical study is to investigate, how participants behave while engaging with the mobile laboratory "ECce!" with a special emphasis on their scientific inquiry behavior. The following research questions are posed:

1. What prior knowledge and competences do the participants have regarding scientific inquiry?

2. What patterns of the participants' behavior can be identified on the macro-, meso- and micro-level of engaging with scientific inquiry while investigating the phenomenon "vitamin tablet in water"?
3. What statements do the participants make when asked for a self-report on their behavior after engaging with the mobile laboratory "ECce!"?
4. What relationships can be found between several predictors and the participants' behavior while engaging with the mobile laboratory "ECce!"?

Methods

This study is designed according to a convergent-parallel mixed-methods approach (Cresswell, 2014, pp. 219–223). Several forms of data are gathered and these are analyzed using a combination of text analysis and statistical analyses. This approach was deemed appropriate as the study does not aim to investigate *a priori* hypotheses.

The sample comprises N = 155 participants (age (MEAN) = 28.38 years (SD = 17.08), age (MIN) = 4 years, age (MAX) = 80 years, female = 49.70%, male = 50.30%) in N = 64 groups (number of participants per group (MEAN) = 2.42 (SD = 0.869), number of participants per group (MIN) = 1, number of participants per group (MAX) = 5). This is a convenience sample. Participants were recruited from the visitors of the travelling exhibition "Völlig losgelöst". Participants gave informed consent for the participant in this study and they were guaranteed anonymous handling of their data.

All data were gathered in January and February 2016 while the free-choice learning environment was open to visitors at BlueSquare Bochum. Data was gathered using three instruments. Firstly, participants were interviewed using a semi-structured interview. The interview aimed at participants' understandings about scientific inquiry and their skills in doing scientific inquiry. It had been developed and validated using two existing instruments (IQB, 2014; Lederman et al., 2014; Christian Georg Strippel & Sommer, 2015). The interview was audio-recorded. Secondly, the participants' communication during their participation at the mobile laboratory was audio-recorded. Thirdly, a post interview was carried out with the participants to gather their self-report. This semi-structured was newly developed for the present study. It was also audio-recorded.

7.1 Summary

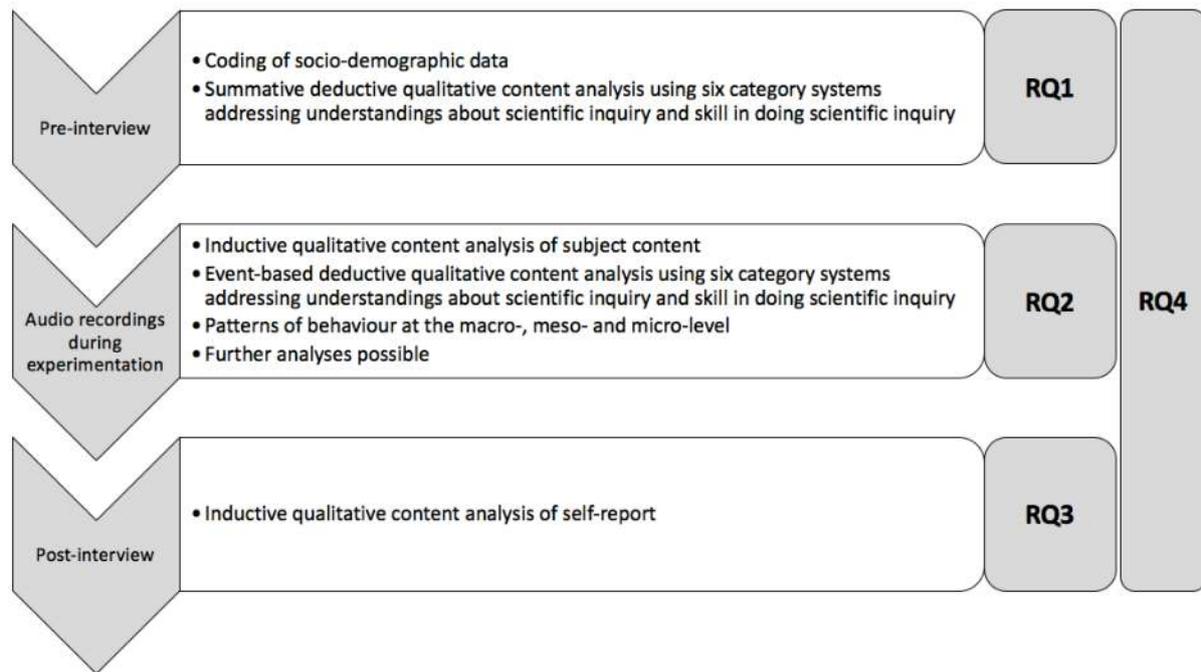


Fig. 4: Procedures used for data analysis

Data were analyzed using different methods. Pre-interviews were analyzed using summarizing deductive qualitative content analysis (Mayring, 2015). It was carried out using six existing category systems addressing scientific inquiry (Braun et al., 2017; Strippel et al., 2016). These six category systems address three aspects of scientific inquiry (questions (Q), investigation design (D), analysis & interpretation (AI)). For each aspect, separate category systems address skills in doing scientific inquiry (DSI) and understandings about scientific inquiry (USI) using four hierarchical categories.

Audio-recordings from the participants' communication during experimentation were analyzed in ELAN. Firstly, they were analyzed using event-based deductive qualitative content analysis. The same six category systems were used as for the interviews. The codings were then converted into communication graphs using a python script. The communication graphs were used to identify patterns in the participants' behavior regarding scientific inquiry (Lehesvuori et al., 2013). Communication was analyzed at the macro-level (all individual investigations), meso-level (a single investigation) and the micro-level (single conversations about a certain aspect of scientific inquiry). Secondly, the subject content of the participants' questions and individual investigations was analyzed using inductive qualitative content analysis (Mayring, 2015).

Post-interviews were analyzed using inductive qualitative content analysis (Mayring, 2015). Special attention was given to participants' statements about their engagement with scientific inquiry and about communication and cooperation during experimentation.

Regarding research question 4, several predictors (socio-demographic variables, skills in doing scientific inquiry, self-report) were selected and used for exploring relationships with variables describing the participants' behavior (e.g. number of questions asked, time spend talking about questions/ investigation design/ analysis & interpretation). These inferences are strictly exploratory (Krathwohl, 2009, pp. 394–395).

Results

RQ1: What prior knowledge and competences do the participants have regarding scientific inquiry?

The analysis of the pre-interviews regarding understandings about scientific inquiry and skills in doing scientific inquiry shows that the participants possess varied degrees of understandings and skills that spread across the spectra of the category systems. Regarding skills in doing scientific inquiry, the question skills for more than 50% of the groups are coded at the second highest level. The design and analysis & interpretation skills for about 50% of the groups are even coded at the highest level. Regarding understandings about scientific inquiry, about one third of the groups do not show any understandings about questions and investigation design; about two thirds of groups do not show any understandings about analysis & interpretation. It seems that most participant groups possess the necessary skills to participate in scientific inquiry but they are unable to articulate profound understandings about scientific inquiry.

RQ2: What patterns of the participants' behavior can be identified on the macro-, meso- and micro-level of engaging with scientific inquiry while investigating the phenomenon "vitamin tablet in water"?

At the macro-level, analysis of the subject content of the participants' conversations shows that they ask 2.4 different questions on average. They plan and carry out 3.3 investigations on average. There is a highly significant correlation with a medium effect between the number of questions asked and the number of investigations planned and carried out ($r = 0.506$; $p < 0.001$). Participants seem to prefer asking certain questions as well as planning and carrying out certain investigations (e.g. investigating the reactants, investigating the colour). Furthermore, links can be found between investigations which participants regularly carry out one after the other (e.g. investigation of the reactants followed by qualitative investigation of

7.1 Summary

the gas, investigation of the reactants followed by the investigation of the pH values, investigation of the colour followed by investigation of the smell).

At the meso-level, two major patterns can be found for the participants' communication about the different aspects of scientific inquiry investigated in this study (questions (Q), design (D), analysis & interpretation (AI)):

- Linear communication structure (DSI-Q → DSI-D → DSI-AI)

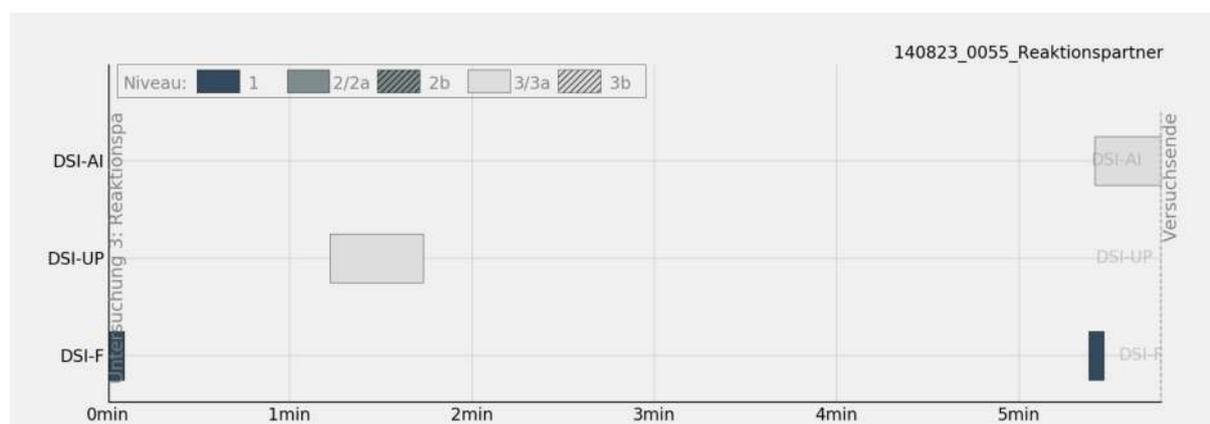


Fig. 5: Communication structure "linear"

- Oscillating communication structure (DSI-Q → DSI-D → DSI-AI → DSI-D ⇌ DSI-AI)

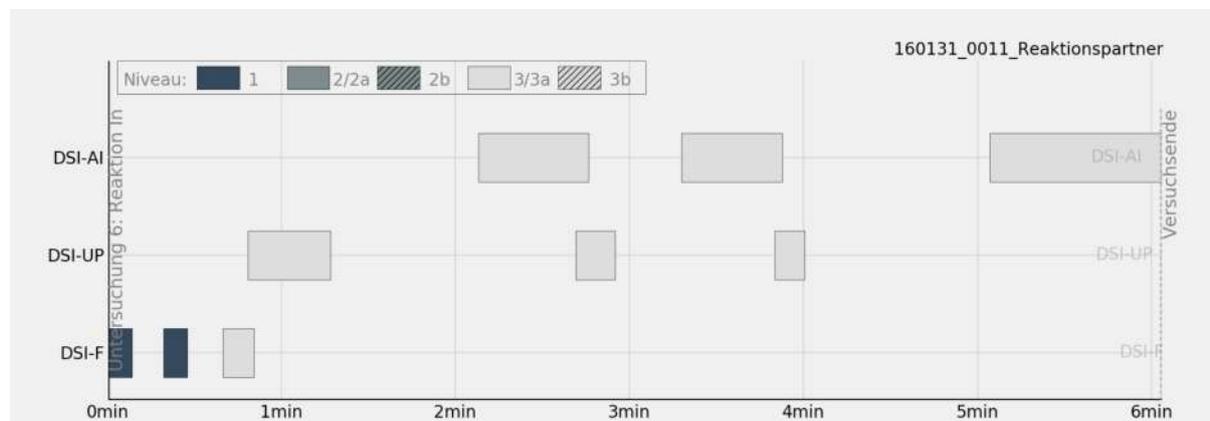


Fig. 6: Communication structure "oscillating"

Linear communication structures can be found mainly for investigations that aim at investigating repeatable observations (e.g. quality of the gas). Participants carry out exactly one research cycle with question, investigation design and analysis & interpretation. Oscillating communication structures can be mainly found for investigations that aim at determining relationships (e.g. reactants that lead to the production of gas). Participants first carry out a research cycle with question, investigation design and analysis & interpretation. Then, they go back to planning investigations – sometimes even reframing their research question – and carrying these out and analyzing and interpreting the data.

In summary, there are some typical patterns of behavior which the participants display during engagement with scientific inquiry at the mobile laboratory. There seem to be qualitative and quantitative relationships between the questions asked at the beginning and the investigations carried out. There seem to be further relationships between the type of investigation aim (repeatable observations versus relationships) and the structure and levels of communication about scientific inquiry. This can be seen at the micro-level (individual conversations), meso-level (individual investigations) and also at the macro-level (all investigations carried out by one group).

RQ3: What statements do the participants make when asked for a self-report on their behavior after engaging with the mobile laboratory “ECce!”?

During the post-interview, the participants make several statements regarding their engagement with the three aspects of scientific inquiry this study focusses on (questions, investigation design, analysis & interpretation). The participants frequently address five topics regarding these aspects: difficulty, prior knowledge and experiences, support, motivational aspects, and the role in their individual investigations. Regarding the participants’ self-report about communication and cooperation during the experience, they frequently address two topics: positive aspects regarding engaging with the content of the mobile laboratory (e.g. others’ ideas and knowledge) and positive motivational aspects of communication and cooperation.

RQ4: What relationships can be found between several predictors and the participants’ behavior while engaging with the mobile laboratory “ECce!”?

All trends (whether significant or not) between the predictors²⁶ and the variables describing the participants’ behavior²⁷ while engaging with scientific inquiry at the mobile laboratory are summarized in Table 21. The graphs and results of the Kruskal-Wallis-H-test can be found in 11.8.

Regarding the sociodemographic variables, significant relationships can be reported between the predictor “group members with scientific background” and “science educator”. Groups without a member with scientific background conducted significantly more investigations.

²⁶ socio-demographic: group-type, scientific background, science educator, experimentation experience; DSI competence: DSI-questions, DSI-design, DSI-analysis & interpretation; self-report: difficulty questions/ design/ analysis & interpretation

²⁷ number of questions, time spent on developing research questions, number of investigations, time spent on individual investigations, time spent talking on DSI-questions/ DSI-design/ DSI-analysis & interpretation/ DSI in total, communication structure, communication levels

Groups from one particular science educator spent significantly more time developing research questions, they posed significantly more research questions and they spent significantly more time on conversations coded as DSI-questions.

Regarding DSI competence, significant relationships can be reported for “DSI-questions” and “DSI analysis & interpretation”. Groups with high DSI-D competence conducted significantly more investigations. Groups with high DSI-AI competence spent significantly more time on individual investigations, talked significantly longer about scientific inquiry in total and about DSI-D and DSI-AI in particular. There are no trends (whether significant or not) related to DSI-Q competence.

Regarding the participants’ self-report, significant relationships can be reported for “difficulty of questions” and “difficulty of analysis & interpretation”. Groups which report developing questions as easy conduct significantly more frequently investigations of higher quality. Groups which report analysis & interpretation as difficult spent significantly more time on individual investigations.

Discussion

Several implications can be inferred from the results. Firstly, one can state that the participants’ competences in doing scientific inquiry mainly correspond with what is expected in the German science education standards and can therefore be regarded as functional scientific literacy (OECD, 2013; Roberts & Bybee, 2014; KMK, 2005a, 2005b, 2005c). However, many groups do not seem to have sufficient understandings about scientific inquiry. This implies that they do not possess the understandings necessary for profound reflection and argumentation about scientific inquiry (Driver et al., 1996; J. S. Lederman et al., 2014; Osborne et al., 2003).

The results about the participants’ behavior during participation at the mobile laboratory generally suggest that the concept of “ECce!” is successful. The analysis shows on the macro-level that participants are engaged with the phenomenon “vitamin tablet in water” for a prolonged period and in the desired qualitative manner of a research cycle. This suggests that the concept has a catch and a hold component for the participants. It also suggests that the difficulty is appropriate for a variety of participants. Furthermore, the support offered through inquiry-based learning seems appropriate. At the meso-level, relationships between the research aims of the individual investigations and the communication structures were identified. This confirms the idea that the content of the investigation and the communication structure are related (aim “identifying repeatable observations” with linear communication and lower

levels of DSI communication, aim “identifying relationships” with oscillating communication and higher levels of DSI communication). This stresses the importance of identifying suitable contents for teaching and learning about the various aspects of scientific inquiry. Differences between the various groups’ communication at the macro-, meso- and micro-level also suggest that the mobile laboratory “ECce!” allows for individual differentiation according to participants’ interests and skills.

Results from the post-interviews support the idea that “ECce!” accounts for the individual interests and skills of different participants and groups. Participants report different levels of perceived difficulty and they perceive support in different ways. Several studies also report the distinct role of questions in inquiry learning (Chin & Osborne, 2008; Hofstein et al., 2005). The results of this study suggest that the participants also acknowledge this role in their inquiries. Furthermore, they point to the role of prior knowledge and prior experiences in planning investigations. This suggests that planning investigations is not just an abstract competence but deeply situated in subject content. Finally, almost all groups give a positive evaluation of communication and cooperation during their participation. This implies that the concept appropriately addresses the participants’ sociocultural needs (Falk & Dierking, 2000). The results from the inferential statistics on the relationships between predictors and participants’ behavior have some implications for free-choice learning environments. The reported significant potential influence of the group members’ scientific background points to the fact that free-choice concepts need to account for these different groups. The potential influence of the science educator stresses the need to appropriately educate the educators. Opportunities to adapt the free-choice environment helps to cater for the needs of participants with varied prior knowledge, skills and perceived difficulties.

Finally, the results from this study are subject to several limitations. First, the sample is a convenience sample. Thus, the interpretations are not generalizable in the same way as if they were drawn from results of a random sample (Krathwohl, 2009, p. 179). Still, the sample might be regarded as representative of science exhibition visitors. Second, the data collection is also subject to limitations. Close analysis of the pre-interview data showed that the participants did not talk as frequently about understandings about analysis & interpretation as about other understandings. In the post-interview, the participants’ statements are sometimes very short, while there is a lot of talk from the science educators. Even though the science educators were trained on the interview protocol, they seem to have deviated from the protocol at times. Third, data analysis of the audio-recordings was achieved through coding of the audio without transcription (Efing & Sommer, 2017). For five of six category systems, the intercod-

7.1 Summary

er-agreement was $> .8$ and thus good (Miles & Huberman, 1994). For DSI-D, it was slightly below $.8$. The explorative inferential statistics on relationships between predictors and behavior variables mainly show trends but only few of them are significant. There is some indication that these trends might become significant in a larger sample (as indicated by results from the Jonkheere-Terpstra-test) (Field, 2009, p. 320). In the current study, these tests are presented as strictly explorative (Krathwohl, 2009, pp. 394–395).

7.2 Outlook

Despite some limitations, the conceptual and methodical developments and the results from the empirical study in this dissertation can be used for further research and development. The concepts of the free-choice learning environment can also be used in several educative environments.

This study has used Laherto's (2013) theoretical model for the didactic development of science exhibition to describe the development of an actual exhibition. It showed that the model is generally useful for practical use. Now, it would be desirable to learn more about the perspective of the different stakeholders in the free-choice learning environment (RESOLV researchers, exhibition designers, visitors, science researchers and educators). This might be achieved through an interview study with the aim to describe the perspective of each stakeholder group on the development process and on the final product which is the travelling exhibition "Völlig losgelöst" with the incorporated mobile laboratory "ECce!".

As for the free-choice learning environment itself, the travelling exhibition "Völlig losgelöst" and the mobile laboratory "ECce!" can be used in several formal and informal contexts. The travelling exhibition could be exhibited in more formal contexts such as schools and universities. It could simply be shown or complemented with guided tours. In the informal context, it could be shown several exhibition spaces. It has already been shown at the Botanical Garden Bochum and the Museum Electricity and Life (Recklinghausen). The mobile laboratory "ECce!" could be used in a formal context as an egg-race. Specific investigations could be used in the classroom to contrast different levels and aspects of scientific inquiry. For example, one could use the investigation of the reactants and the qualitative investigation to contrast features of an investigation aimed at identifying relationships and repeatable observations. In informal contexts, the mobile laboratory could be used as a science busking activity at science festivals (Sayer et al., 2014, p. 66). It could also be used in the context of citizen science (BMBF, 2015; Bonn et al., 2016). In the past, citizens were often only included in science projects to collect data (e.g. counting birds, collecting water samples). Currently, there is a push to include them in all aspects of the research cycle. "ECce!" could be used at the start of such a research project to provide an opportunity to discuss the challenges and potential of the research process from identifying research questions to planning investigations to dealing with the results.

The methodical developments in this dissertation could also be used in future research projects. The scientific inquiry interview could be used in formal and informal environments whenever understandings about and skills in doing scientific inquiry cannot or should not be

collected in a written way. This might be the case if participants' reading and writing skills are insufficient or if a test atmosphere is not intended. The methods of data analysis used on the audio-recordings also provides opportunities for future research projects. The combination of coding audio-recordings without a transcript and converting them into communication graphs has not been reported on a large scale in science education so far (Lehesvuori et al., 2013). This procedure could be used in quantitative research to ensure the quality of the different conditions, i.e. it can be used to describe that control and treatment groups show different behaviors. In more qualitative studies, the procedure can be used to identify the variety of behavior patterns in a group and identify promising candidates for future data collection and analysis.

The results from the empirical study also point to some directions for future research. Currently, the links between research aim and communication about scientific inquiry have been described for an environment where a science educator was always present. Here, one could already see that the science educator can have a significant influence on some behavior variables regarding scientific inquiry. Future research questions might be: Can the same relationship between research aims and communication about scientific inquiry also be found with different levels of support from a science educator? How does the communication about scientific inquiry change with different levels of support? Furthermore, it was claimed based on the results that the mobile laboratory "ECce!" is suitable for participants with a variety of understandings and skills regarding scientific inquiry. However, there was no summative assessment of the participants' understandings and skills regarding scientific inquiry in the post-interview. This could be achieved in a slightly more controlled environment. What effects does the experience have on participants/ groups with different prior knowledge and experiences (and thus different behavior) on their understandings and skills? The concept of the mobile laboratory also seems to support the participants in developing and dealing with research questions in a way that their prior understandings and skills in this area do not have a measurable influence on their behavior. It would be valuable to identify the precise features of the concept that provide this support.

In the current study, interactions between the visitors' experiences in the travelling exhibition and at the mobile laboratory have not been described empirically. However, informal exchanges with visitors indicate that the mobile laboratory was frequently the reason, the visitors came to the exhibition. At the same time, participants at the mobile laboratory sometimes refer to the travelling exhibition, e.g. they talk about aspects of scientific inquiry in the exhibition or about science subject content. There might be two areas of interest for future research:

What specific links do the visitors make between the travelling exhibition and the mobile laboratory? How do the visitors remember the links between the travelling exhibition and the mobile laboratory later on?

Finally, the current study can only be a first step to strengthen the links between science education and science communication, between science education in formal and informal environments. The conceptual and empirical developments presented in this study require further testing and criticism from the different research and development communities. The aim should be clear: Concepts and implementation of as well as research on free-choice science learning environments should be improved to provide better teaching and learning experiences.

8 Literaturverzeichnis

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ... Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419. <http://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Abels, S., & Lembens, A. (2015). Mysteries als Einstieg ins Forschende Lernen im Chemieunterricht. *Chemie & Schule*, 30(1b), 3–5.
- Achieve, Inc., on behalf of the twenty-six states and partners that collaborated on the NGSS. (2013). *The Next Generation Science Standards: Executive Summary*.
- Aepkers, M. (2002). Forschendes Lernen - Einem Begriff auf der Spur. In M. Aepkers & S. Liebig (Hrsg.), *Entdeckendes, Forschendes und Genetisches Lernen* (S. 69–87). Hohengehren: Schneider Verlag.
- Allen, S. (1997). Using scientific inquiry activities in exhibit explanations. *Science Education*, 88(Suppl. 1), S17–S33.
- Amelin, O., & Turner, N. (Hrsg.). (2012). *Sketches of Science*. Lindau: Stiftung Lindauer Nobelpreisträgertreffen am Bodensee.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: what research says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.
- Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments — What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719–2749. <http://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2016). Scaffolding beim Forschenden Lernen: Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–17. <http://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Arnold, K., Volkmar, D., Arndt, B., Eberle, A., Kunze, S., Lüttgens, U., ... Ralle, B. (2008). *Fokus Chemie*. Berlin: Cornelsen.
- Atkin, J. M., & Karplus, R. (1962). Discovery or invention? *Science Teacher*, 29(5), 45–51.
- Avsec, S., & Kocijancic, S. (2016). A Path Model of Effective Technology-Intensive Inquiry-Based Learning, 19, 308–320.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). Many Levels. *Science and Children*, 26–29.
- Baram-Tsabari, A., & Osborne, J. (2015). Bridging science education and science communication research. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 135–144. <http://doi.org/10.1002/tea.21202>
- Barthel, H. (1972). *Untersuchungen über die Entwicklung von Denkleistungen der Schüler durch Einsatz der experimentellen Methode*. Universität Potsdam.
- Baum, C., Siebers, D., Fleischer, L.-G., & Meyer, W. (2004). Eine Delfinhaut für Schiffe. *Biologie in unserer Zeit*, 34(5), 298–305.
- Ben-Naim, A. (2013). Myths and verities in protein folding theories. *Journal of Chemical Physics*, 139, 165105. <http://doi.org/10.1063/1.4827086>
- Bevins, S., & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 693(January), 1–13.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. a., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. a., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577–616. <http://doi.org/10.1002/sce.20390>
- BMBF. (2008). *Stand der Anerkennung non-formalen und informellen Lernens in Deutschland*. Bonn.
- BMBF. (2015). *Zukunft verstehen, Zukunft gestalten - Deutschland 2030: Ergebnisse des zweiten Foresight-Zyklus*. Berlin.
- BMBF. (2016). *Bundesbericht Forschung und Innovation 2016: Forschungs- und*

- innovationspolitische Ziele und Maßnahmen*. Berlin.
- Bonn, A., Richter, A., Vohland, K., Pettibone, L., Brandt, M., Feldmann, R., ... Ziegler, D. (2016). *Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland*. Berlin: UFZ, iDiv, Museum für Naturkunde Berlin, MfN, BBIB.
- Braun, S. (2016). *Die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung in Schüler-Videos - Eine empirisch inhaltsanalytische Studie*. Ruhr-Universität.
- Braun, S., Strippel, C. G., & Sommer, K. (2017). Erkenntnisgewinnung in Schülervideos. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 716–719). Regensburg: Universität Regensburg.
- Bravo-Rodriguez, K., Klopries, S., Kushnir, S., Schulz, F., Sanchez-garcia, E., Bravo-rodriguez, K., ... Yahiaoui, S. (2015). Substrate Flexibility of a Mutated Acyltransferase Domain and Implications for Polyketide Biosynthesis Brief Communication Substrate Flexibility of a Mutated Acyltransferase Domain and Implications for Polyketide Biosynthesis. *Chemistry & Biology*, 22(11), 1425–1430. <http://doi.org/10.1016/j.chembiol.2015.02.008>
- Brückmann, M., & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 189–201). Berlin: Springer.
- Bühl, A. (2010). *PASW. Einführung in die moderne Datenanalyse*. München: Pearson Studium.
- Bundesagentur für Arbeit. (2016). *Der Arbeitsmarkt in Deutschland – MINT-Berufe*. Nürnberg.
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., & Stocklmayer, S. M. (2003). Science Communication: A Contemporary Definition. *Public Understanding of Science*, 12(2), 183–202. <http://doi.org/10.1177/09636625030122004>
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. Van, Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. Colorado Springs (CO).
- Callow, J. A., & Callow, M. E. (2011). Trends in the development of environmentally friendly fouling-resistant marine coatings. *Nature Communications*, 2, 210–244. <http://doi.org/10.1038/ncomms1251>
- Camellone, M. F., Zhao, J., Jin, L., Wang, Y., Muhler, M., & Marx, D. (2013). Angewandte Molecular Understanding of Reactivity and Selectivity for Methanol Oxidation at the Au / TiO₂ Interface **. *Angewandte Chemie International Edition*, 52, 5780–5784. <http://doi.org/10.1002/anie.201301868>
- Campanile, M. F., Lederman, N. G., & Kampourakis, K. (2015). Mendelian genetics as a platform for teaching about nature of science and scientific inquiry: The value of textbooks. *Science and Education*, 24(1–2), 205–225. <http://doi.org/10.1007/s11191-013-9607-4>
- Capps, D. K., & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-Based Instruction and Teaching About Nature of Science: Are They Happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 497–526. <http://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z>
- Chin, C., & Kayalvizhi, G. (2002). Posing Problems for Open Investigations: what questions do pupils ask? *Research in Science and Technology Education*, 20(2), 269–287.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008a). Students' questions: A potential research for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1–39.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008b). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1–39.
- 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.
- Chinn, C., & Malhotra, B. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A

- Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218. <http://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Cohen, S. (1979). Exploring Chemistry for Parents and Children. *Journal of Chemical Education*, 56(11), 736–737.
- Corbett, J. J., & Koehler, H. W. (2003). Updated emissions from ocean shipping. *Journal of Geophysical Research*, 108(20), 4650. <http://doi.org/10.1029/2003JD003751>
- Crawford, B. A. (2014). From Inquiry to Scientific Practices in the Science Classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of research on science education Vol. II* (S. 515–541). New York: Routledge.
- Cresswell, J. W. (2014). *Research design: qualitative, quantitative and mixed methods*. Thousand Oaks: Sage.
- Dalmaz, M. (2016). *Wer tut was? Die Untersuchung der Rolle von Eltern im Projekt KEMIE*. Ruhr-Universität Bochum.
- Department for Education [DfE]. (2013). *Science programmes of study: key stage 3. National Curriculum*.
- Department of Education [DfE]. (2014). *Science programmes of study: key stage 4. Department for Education*.
- Dewey, J. (1933). *How we think*. Boston, MA: D.C. Heath & Co.
- Dohmen, G. (2001). *Das informelle Lernen*. Bonn: BMBF.
- Domenici, V. (2008). The Role of Chemistry Museums in Chemical Education for Students and the General Public A Case Study from Italy. *Journal of Chemical Education*, 85(10), 1365–1367.
- Dong, W., Reichenberger, S., Chu, S., Weide, P., Ruland, H., Barcikowski, S., ... Muhler, M. (2015). The effect of the Au loading on the liquid-phase aerobic oxidation of ethanol over Au / TiO₂ catalysts prepared by pulsed laser ablation. *Journal of Catalysis*, 330, 497–506. <http://doi.org/10.1016/j.jcat.2015.07.033>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Ebbinghaus, S., Meister, K., Born, B., DeVries, A. L., Gruebele, M., & Havenith, M. (2010). Antifreeze glycoprotein activity correlates with long-range protein-water dynamics. *Journal of the American Chemical Society*, 132(35), 12210–1. <http://doi.org/10.1021/ja1051632>
- Ebenezer, J., Kaya, O. N., & Ebenezer, D. L. (2011). Engaging students in environmental research projects: Perceptions of fluency with innovative technologies and levels of scientific inquiry abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 94–116. <http://doi.org/10.1002/tea.20387>
- Efing, N., & Sommer, K. (2017). Qualitative Inhaltsanalyse von Gesprächen - ohne Transkription. In *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 340–343). Regensburg: Universität Regensburg.
- Eley, D. D. (1939). On the solubility of gases. *Trans. Faraday Soc.*, 35, 1281–1293.
- Eley, D. D. (1944). The structure of water in aqueous solutions. *Trans. Faraday Soc.*, 40, 184–194.
- Elmer, C., Badenschier, F., & Wormer, H. (2008). Science for Everybody? How the Coverage of Research Issues in German Newspapers Has Increased Dramatically. *Journalism & Mass Communication Quarterly*, 85(4), 878–893.
- Emden, M., & Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung. *MNU*, 65(2), 68–75.
- Erbe, A., & Sarfraz, A. (2015). Modellexperimente für elektrochemische Energieumwandlung und Korrosion. *Bunsen-Magazin*, 17(1), 1–9.
- Falk, J. H. (2011). Contextualizing Falk's Identity-Related Visitor Motivation Model. *Visitor Studies*, 14(2), 141–157. <http://doi.org/10.1080/10645578.2011.608002>

- Falk, J. H., & Adelman, L. M. (2003). Investigating the impact of prior knowledge and interest on aquarium visitor learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 163–176. <http://doi.org/10.1002/tea.10070>
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2000). *Learning from museums: visitor experiences and the making of meaning*. Lanham: AltaMira Press.
- Falk, J. H., Dierking, L. D., & Foutz, S. (Hrsg.). (2007). *In principle, in practice: museums as learning institutions*. Lanham: AltaMira Press.
- Falk, J. H., Heimlich, J., & Bronnenkant, K. (2008). Using Identity-Related Visit Motivations as a Tool for Understanding Adult Zoo and Aquarium Visitors' Meaning-Making. *Curator*, 51(1), 55–79. <http://doi.org/10.1111/j.2151-6952.2008.tb00294.x>
- Fang, S., Hsu, Y., Chang, H., Chang, W., Wu, H., & Chen, C. (2016). Investigating the effects of structured and guided inquiry on students' development of conceptual knowledge and inquiry abilities: a case study in, 38(12), 1945–1971. <http://doi.org/10.1080/09500693.2016.1220688>
- Feresin, E., & Havenith, M. (2017). Solvatationsforschung ermittelt Rolle des Solvens. *Chemie in unserer Zeit*, 51(1), 18–24. <http://doi.org/10.1002/ciuz.201700781>
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics using SPSS* (3rd ed.). London: Sage.
- Fisette, O., Pa, C., Barnes, R., Isas, J. M., Langen, R., Heyden, M., ... Scha, L. V. (2016). Hydration Dynamics of a Peripheral Membrane Protein. *JACS*, 138(36), 11526–11535. <http://doi.org/10.1021/jacs.6b07005>
- Fisette, O., Wingbermühle, S., Tampé, R., & Schäfer, L. V. (2016). Molecular mechanism of peptide editing in the tapasin – MHC I complex. *Scientific Reports*, 6, 1–13. <http://doi.org/10.1038/srep19085>
- Flemming, H.-C., & Wingender, J. (2001). Biofilme – die bevorzugte Lebensform der Bakterien. *Biologie in Unserer Zeit*, 31(3), 169–180.
- Flick, U. (2011). *Triangulation: Eine Einführung* (3. Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Frank, H. S., & Evans, M. W. (1945). Free Volume and Entropy in Condensed Systems III. *Journal of Chemical Physics*, 13, 507–532. <http://doi.org/10.1063/1.1723985>
- Fries, E., & Rosenberger, R. (1973). *Forschender Unterricht*. Frankfurt a. M.: Diesterweg.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329. <http://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Gaigher, E., Lederman, N., & Lederman, J. (2014). Knowledge about Inquiry: A study in South African high schools. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3125–3147. <http://doi.org/10.1080/09500693.2014.954156>
- Gerling, I., Wegner, N., & Tiemann, R. (2014). Entwicklung eines Kodiermanuals zum experimentellen Vorgehen von Lehramtsstudenten. In *Jahresband der GDGP-Jahrestagung* (S. 516–518). Berlin: LIT.
- Grube, C. R. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung*. Universität Kassel.
- Größ-Niehaus, T. (2010). *Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht - der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*. Berlin: Logos.
- Gutwill, J. P., & Allen, S. (2010). Facilitating family group inquiry at Science Museum Exhibits. *Science Education*, 94(4), 710–742. <http://doi.org/10.1002/sce.20387>
- Habelitz-Tkotz, W. (2006). Alles Teilchen - oder was? *Unterricht Chemie*, (95), 20–25.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. *MNU*, 57(4), 196–203.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, Sonderheft*, 33–49.

- Hannover, B., Zander, L., & Wolter, I. (2014). Entwicklung, Sozialisation und Lernen. In A. Krapp & T. Seidel (Hrsg.), *Handbuch Pädagogische Psychologie* (6th ed., S. 139–166). Weinheim: Beltz.
- Helfferich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews* (4th ed.). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hermens, R. A., & McCoy, K. E. (1986). Chemistry for mommies and daddies. *Journal of Chemical Education*, 63(6), 696.
- Hodson, D. (2017). Learning Science , Learning about Science , Doing Science : Different goals demand different learning methods Learning Science , Learning about Science , Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 0(0), 1–20. <http://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806. <http://doi.org/10.1002/tea.20072>
- Honskamp, K. (2010). *Das Bild der Chromatographie in der Öffentlichkeit: Eine Besucherbefragung im Alfred-Krupp-Schülerlabor in Bochum und im Deutschen Museum in München*. Ruhr-Universität Bochum.
- Institut für Museumsforschung. (2013). *Statistische Gesamterhebung an den Museen der Bundesrepublik Deutschland* (67. Ausg.). Berlin.
- Institut für Museumsforschung. (2016). *Statistische Gesamterhebung an den Museen der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2015*. Berlin.
- Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen [IQB]. (2014). Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. Letzter Aufruf: 25.6.2015 <https://www.iqb.hu-berlin.de/laendervergleich/lv2012/Bsp>
- International Union of Pure and Applied Chemistry [IUPAC]. (2009). *Compendium of Chemical Terminology (the "Gold Book")*. (A. D. McNaught & A. Wilkinson, Hrsg.) (2nd ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications. <http://doi.org/10.1351/goldbook>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Stanne, M. B. (2000). *Cooperative Learning Methods : A Meta-Analysis*. Minneapolis.
- Johnson, R. T., & Johnson, D. W. (1975). *Learning together and alone*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Kakoschke, A. (2014). *Wahrnehmung intendierter Lehrziele in einer Eltern-Kind-Intervention mit dem Schwerpunkt nature of science*. Ruhr-Universität Bochum.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kelter, P. B., Paulson, J. R., & Benbow, A. (1990). Kitchen Chemistry. A PACTS workshop for economically disadvantaged parents and children. *Journal of Chemical Education*, 67(10), 892–895.
- Kerton, F. M. (2009). *Alternative Solvents for Green Chemistry*. Cambridge: RSC Publishing.
- Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas* (2nd ed.). Durham: Durham University.
- Klaes, E. (2008). *Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht - Die Perspektive der Lehrkraft*. Berlin: Logos.
- Kleinhorst, H. (2013). *KEMIEplus: Konzeption und Wirksamkeit von Experimentiereinheiten mit dem Schwerpunkt "naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen."* Ruhr-Universität Bochum.
- Klopries, S., Bravo-Rodriguez, K., Koopmans, K. R. M., Sundermann, U., Yahiaoui, S., Arens, J., ... Schulz, F. (2015). Data in Brief Data in support of substrate flexibility of a mutated acyltransferase domain and implications for polyketide biosynthesis. *Data in*

- Brief*, 5, 528–536. <http://doi.org/10.1016/j.dib.2015.09.052>
- Koenen, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (2017). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung*. Münster: Waxmann.
- Krapp, A., Geyer, C., & Lewalter, D. (2014). Motivation und Emotion. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Handbuch Pädagogische Psychologie* (6. Aufl., S. 193–224). Weinheim: Beltz.
- Krathwohl, D. R. (2009). *Methods of educational and social science research* (3. Auflage). Long Grove, IL: Waveland Press.
- Kuo, C.-Y., Wu, H.-K., Jen, T.-H., & Hsu, Y.-S. (2015). Development and Validation of a Multimedia-based Assessment of Scientific Inquiry Abilities. *International Journal of Science Education*, 37(14), 2326–2357. <http://doi.org/10.1080/09500693.2015.1078521>
- Küster, F. W. (2008). *Rechentafeln für die Chemische Analytik (Küster/Thiel)*. (A. Ruland, Hrsg.) (106th ed.). Berlin: de Gruyter.
- Laherto, A. (2013). Informing the Development of Science Exhibitions Through Educational Research. *International Journal of Science Education, Part B*, 3(2), 121–143. <http://doi.org/10.1080/21548455.2012.694490>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <http://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lederman, J. S., Bartels, S. L., Lederman, N. G., & Gnanakkan, D. (2013). Demystifying nature of science, *Science and Children*, 40–46.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry: The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83. <http://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific inquiry and nature of science* (S. 301–317). Dordrecht: Springer.
- Lehesvuori, S., Viiri, J., Rasku-Puttonen, H., Moate, J., & Helaakoski, J. (2013). Visualizing communication structures in science classrooms: Tracing cumulativity in teacher-led whole class discussions. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(8), 912–939. <http://doi.org/10.1002/tea.21100>
- Luce, M. R., Goldman, S., Veal, T., & Al, L. E. T. (2016). Designing for family science explorations anytime, anywhere. *Science Education*, 101(2), 251–277. <http://doi.org/10.1002/sce.21259>
- Marschner, J., Thillmann, H., Wirth, J., & Leutner, D. (2012). Wie lässt sich die Experimentierstrategie- Nutzung fördern? Ein Vergleich verschieden gestalteter Prompts. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 77–93.
- Martius, T., Delvenne, L., & Schlüter, K. (2016). Forschendes Lernen: Verschiedene Konzepte, ein gemeinsamer Kern? *MNU*, 69(4), 220–228.
- Mayer, H. O. (2009). *Interviews und schriftliche Befragung* (5. Aufl.). München: Oldenbourg.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Mayer, J., & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, (317), 1–9.
- Mayring, P. (2007). Mixing qualitative and quantitative methods. In P. Mayring, G. L. Huber, L. Gürtler, & M. Kiegelmann (Hrsg.), *Mixed methodology in psychological research* (S. 27–36). Rotterdam: Sense Publishers.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse* (11. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2015). Qualitative content analysis: theoretical background and procedures. In

- A. Bikner-Ahsbahs, C. Knipping, & N. Presmeg (Hrsg.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (S. 365–380). Dordrecht: Springer.
- McCammon, J. A., Gelin, B. R., & Karplus, M. (1977). Dynamics of folded proteins. *Nature*, 267, 585–590.
- Metzger, S., & Sommer, K. (2010). “Kochrezept” oder Experimentelle Methode - Eine Standortbestimmung von Schülerexperimenten unter dem Gesichtspunkt der Erkenntnisgewinnung. *MNU*, 63(1), 4–11.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks: SAGE.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction — What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <http://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Möller, A., Grube, C., Hartmann, S., & Mayer, J. (2009). Increase of inquiry competence: a longitudinal large scale assessment of students' performance from grade 5 to 10. *Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*.
- Morgenstern, K., Havenith-Newen, M., Marx, D., & Muhler, M. (2015). Editorial of the PCCP themed issue on solvation science. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 17, 8295–8296. <http://doi.org/10.1039/C5CP90022K>
- National Academies of Sciences, E. and M. [The A. (2016). *Effective chemistry communication in informal environments*. Washington, D.C.: National Academies Press. <http://doi.org/10.17226/21790>
- National Research Council [NRC]. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places and Pursuits*. (P. Bell, B. Lewenstein, A. W. Shouse, & M. A. Feder, Hrsg.). Washington, D.C.: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2011). *Chemistry in primetime and online: communicating chemistry in informal environments: workshop summary*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A Framework for K-12 Science*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Nayak, S., Biedermann, P. U., Stratmann, M., & Erbe, A. (2013). A mechanistic study of the electrochemical oxygen reduction on the model semiconductor n-Ge(100) by ATR-IR and DFT. *Physical Chemistry Chemical Physics: PCCP*, 15(16), 5771–5781. <http://doi.org/10.1039/c2cp43909c>
- Neumann, I. (2011). *Beyond physics content knowledge: Modeling competence regarding nature of scientific inquiry and nature of scientific knowledge*. Berlin: Logos.
- O'Connor, R. (1960). Chemistry for Parents and Children. *Journal of Chemical Education*, 37(12), 639–640.
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2013). *Pisa 2015 Draft Science Framework*.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. <http://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Páll, S., Abraham, M. J., Kutzner, C., Hess, B., & Lindahl, E. (2015). Tackling Exascale Software Challenges in Molecular Dynamics Simulations with GROMACS Tackling

- Exascale Software Challenges in Molecular Dynamics Simulations with GROMACS. In *EASC 2014. Lecture Notes in Computer Science* (S. 3–27). Cham: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-15976-8>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. De, Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning : Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47–61. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pfeifer, P., Häusler, K., & Lutz, B. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München: Oldenbourg Schulbuchverlag.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *17*, 315–338.
- Rehm, M., & Parchmann, I. (2015). Lernvielfalt Naturwissenschaften. *Unterricht Chemie*, (147), 2–7.
- Reinders, H. (2011). Interview. In H. Reinders, H. Ditton, C. Gräsel, & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung. Strukturen und Methoden* (S. 85–98). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- RESOLV. (2017). Cluster of Excellence RESOLV. Letzter Zugriff: 22. April 2017 <http://www.ruhr-uni-bochum.de/solvation/>
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In *Handbook of research on science education* (S. 545–558). New York: Routledge.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, *52*(2), 161–197. <http://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Ropohl, M., Rönnebeck, S., & Scheuermann, H. (2015). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht. *PdN-ChiS*, *64*(4), 5–8.
- Rowe, S., & Nickels, A. (2011). Visitor Motivations Across Three Informal Education Institutions: An Application of the Identity-Related Visitor Motivation Model. *Visitor Studies*, *14*(2), 162–175. <http://doi.org/10.1080/10645578.2011.608006>
- Ruhr-Universität Bochum. (2015). BlauPause. Letzter Zugriff: 22. April 2015 <https://www.ruhr-uni-bochum.de/rub50/veranstaltungen-blaupause.html>
- Russek, A. (2011). *Kinder Erleben Mit Ihren Eltern Chemie: Entwicklung und Evaluation von speziellen Experimentierangeboten mit dem Schwerpunkt naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen*. Ruhr-Universität Bochum.
- Sayer, E. J., Featherstone, H. C., & Gosling, W. D. (2014). Sex & Bugs & Rock 'n Roll-getting creative about public engagement. *Trends in Ecology & Evolution*, *29*(2), 65–67. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.008>
- Schiele, B. (2008). Science museums and science centres. In M. Bucchi & B. Trench (Hrsg.), *Handbook of Public Communication of Science and Technology* (S. 27–39). London: Routledge.
- Schiessl, W., Pfeifer, P., & van Eldik, R. (2007). Chemie-Edutainment auf dem Prüfstand: Evaluierung der „Zaubervorlesung mit Salvador Dalí“. *CHEMKON*, *14*(2), 84–89. <http://doi.org/10.1002/ckon.200710056>
- Schmidkunz, H., & Lindemann, H. (1976). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren*. München: Paul List Verlag.
- Schmidkunz, H., & Lindemann, H. (1992). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren*. Essen: Westarp Wissenschaften.
- Schmitt, T. (2016). *Den Naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung Erlernen - Eine didaktische Konzeption am vielseitigen Beispiel der Brausetablette*. Ruhr-Universität Bochum.
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T., & Lee, Y. (2007). A Meta-Analysis of National Research : Effects of Teaching Strategies on Student Achievement in Science in

- the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(10), 1436–1460. <http://doi.org/10.1002/tea>
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein (Hrsg.), *The teaching of science* (S. 1–103). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schweda, E. (2012). *Anorganische Chemie I: Einführung & Qualitative Analyse (Jander/Blasius)*. Stuttgart: S. Hirzel.
- Seidel, T., & Reiss, K. (2014). Lerngelegenheiten im Unterricht. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (6th ed.). Weinheim: Beltz.
- Silberman, R. G., Trautmann, C., & Merkel, S. M. (2004). Chemistry at a Science Museum. *Journal of Chemical Education*, 81(1), 51–53.
- Sommer, K. (2007). *Die Fachmethoden der Chemie: Anregungen für die Umsetzung des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ im Unterricht*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Sommer, K., Russek, A., Kleinhorst, H., Kakoschke, A., & Efung, N. (2013). KEMIE (Sonderheft). *Chemkon*, 20(5), 211–248.
- Soostmeyer, M. (1978). *Problemorientiertes Lernen im Sachunterricht: Entdeckendes und forschendes Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht*. Paderborn: Schöningh.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2011). *Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*.
- Statistisches Bundesamt. (2015). 13. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland. Letzter Zugriff: 17. März 2017 <https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/>
- Statistisches Bundesamt. (2017). Bildungsstand.
- Statistisches Bundesamt. (2017). Schulen. Letzter Zugriff: 17. März 2017 <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/Schulen/Schulen.html>
- Statistisches Bundesamt. (2017). Studierende. Letzter Zugriff: 17. März 2017 <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/LangeReihen/Bildung/lrbil01.html>
- Stäudel, L. (2007). Gasentwicklung von Brausetabletten. In R. Duit, H. Gropengießer, & L. Stäudel (Hrsg.), *Naturwissenschaftliches Arbeiten* (S. 90–96). Seelze-Velber: Erhard Friedrich.
- Stockmayer, S., & Gilbert, J. K. (2002). New experiences and old knowledge: Towards a model for the personal awareness of science and technology. *International Journal of Science Education*, 24(8), 835–858. <http://doi.org/10.1080/09500690210126775>
- Strippel, C. G., & Sommer, K. (2015). Chemische Forschung für die Öffentlichkeit - Erkenntnisgewinnung im Interview abbilden. In *Gesellschaft für empirische Bildungsforschung* (p. Poster).
- Strippel, C. G., & Sommer, K. (2015). Teaching Nature of Scientific Inquiry in Chemistry: How do German chemistry teachers use labwork to teach NOSI? *International Journal of Science Education*, 37(18), 2965–2986.

- Strippel, C. G., & Sommer, K. (2017). Erkenntnisgewinnung in Schulbüchern – Qualitative Inhaltsanalyse von Experimentieraufgaben. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 480–483). Regensburg: Universität Regensburg.
- Strippel, C. G., Sommer, K., & Kohlbauer, T. (2017). Forschung trifft Öffentlichkeit: Konzeption und empirische Untersuchung der Ausstellung “Völlig losgelöst.” *Chemie in Unserer Zeit*, 51(1), 58–64. <http://doi.org/10.1002/ciuz.201700783>
- Strippel, C. G., Tomala, L., & Sommer, K. (2016). Are textbooks promoting scientific inquiry and nature of scientific inquiry? – The german situation. *Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*.
- Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions: prevention, diagnosis and cure*. London: Royal Society of Chemistry.
- Teddlie, C., & Tashakkori, A. (2011). Mixed methods research: contemporary issues in an emerging field. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Hrsg.), *The SAGE handbook of qualitative research* (4. Auflage, S. 285–300). Los Angeles, CA: SAGE.
- Thillmann, H., Künsting, J., Wirth, J., & Leutner, D. (2009). Is it Merely a Question of “What” to Prompt or Also “When” to Prompt? *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 105–115. <http://doi.org/10.1024/1010-0652.23.2.105>
- Toth, E. V. A. E., Suthers, D. D., & Lesgold, A. M. (2002). “ Mapping to Know ”: The Effects of Representational Guidance and Reflective Assessment on Scientific Inquiry. *Science Education*, 86, 264–286. <http://doi.org/10.1002/sce.10004>
- Ucko, D. A. (1986). An Exhibition on Everyday Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 63(12), 1081–1086.
- van der Weer, W., & de Rijke, P. (1994). Die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser – ein verblüffendes Experiment. *Chemkon*, 1(2), 83–84.
- Waidacher, F. (2005). *Museologie - kurz gefasst*. Wien: Böhlau.
- Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Neumann, I., & Pant, H. A. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 261–292.
- Wellnitz, N., Hecht, M., Heitmann, P., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2016). Modellierung des Kompetenzteilbereichs naturwissenschaftliche Untersuchungen. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft, online first*.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2012). Beobachten, Vergleichen und Experimentieren: Wege der Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & F. X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik (Band 5)* (S. 63–79). Innsbruck: Studienverlag.
- Werquin, P. (2010). *Recognising Non-Formal and Informal Learning*. Paris: OECD.
- Wilms, M., Kometz, A., & van der Weer, W. (2005). Die Abhängigkeit der Gaslöslichkeit von der Temperatur mit Brausetabletten. *Chemkon*, 12(1), 27.
- Wlotzka, P. (2016). Das Brausetabletten-Experiment – Eine Hinführung zum chemischen Gleichgewicht. *Unterricht Chemie*, (153), 35–37.
- Woodward, J. (2003). Experimentation, causal inference, and instrumental realism. In H. Radder (Ed.), *The Philosophy of Scientific Experimentation* (S. 87–118). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Wormer, H. (2010). Chemie in den Medien - Eine Spurenanalyse und Versuch einer Synthese. *Unterricht Chemie*, 21(117), 8–11.
- Xiao, L., Li, J., Mieszkina, S., Fino, A. Di, Clare, A. S., Callow, M. E., ... Levkin, P. A. (2013). Slippery Liquid-Infused Porous Surfaces Showing Marine Antibiofouling Properties. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 5(20), 10074–10080.
- Zare, R. N. (1996). Where’s the Chemistry in Science Museums? *Journal of Chemical Education*, 73(9), 198–199.

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Idealisierter Forschungszyklus (adaptiert nach Abels & Lembens (2015)).....	6
Abb. 2: Einteilung der Grobphasen nach Koenen et al. (2017), oben, Martius et al. (2016), Mitte, und Pedaste et al. (2015), unten.	14
Abb. 3: Phasierung in der vorliegenden Arbeit	15
Abb. 4: Modell zur Konzeption einer Ausstellung unter Berücksichtigung (naturwissenschafts-)didaktischer Prinzipien für formales und informelles Lernen (Laherto (2013)).....	41
Abb. 5: Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997).....	42
Abb. 6: Modell zur Konzeption der Ausstellung "Völlig losgelöst"	43
Abb. 7: Eingangscomic der Ausstellung (Originalmaße: 2 x 5 m; ©neonpastell)	46
Abb. 8: Übersicht über die Module der Ausstellung "Völlig losgelöst" gemäß dem Aufbau im BlueSquare (©neonpastell).....	47
Abb. 9: Grundstruktur der RESOLV-Module M5 bis M10 (weiß: Titel und Fact Sheet, rot: Porträt des leitenden Forschers, blau: Projektinhalte; ©neonpastell).....	55
Abb. 10: Schematischer Ablauf der Experimentierstation „ECce!“	57
Abb. 11: Fragen und mögliche Untersuchungen zum Gegenstand "Brausetablette in Wasser" (Layout: P. Janicki).....	59
Abb. 12: Verlaufsschema der Experimentierstation mit Betrachtungsebenen	66
Abb. 13: Bestandteile des Mixed-Methods-Designs	69
Abb. 14: Schulbildung der Probanden (n = 155)	70
Abb. 15: Weitere Bildung der Probanden (unterschieden nach naturwissenschaftlich- technischer Bildung) (n = 155)	71
Abb. 16: Aktuelle Tätigkeit der Probanden (unterschieden nach naturwissenschaftlich- technischer Tätigkeit) (n = 155).....	71
Abb. 17: Verteilung der Gruppen auf die unterschiedlichen Gruppentypen (n = 64)	72
Abb. 18: Verteilung der Gruppen auf die sechs Betreuer (n = 64; f = weiblich, m = männlich)	72
Abb. 19: Experimentelle Vorerfahrung der Gruppen (n = 60)	73
Abb. 20: Ablauf der Datenerhebung inklusive Inhalten der einzelnen Schritte und Zuordnung zu den Forschungsfragen	73
Abb. 21: Inhaltliche Vorgehensweise bei der Datenauswertung	76
Abb. 22: Technische Vorgehensweise bei der Datenauswertung.....	77

Abb. 23: Vorgehen bei der Analyse mittels Kommunikationsgraphen nach Lehesvuori et al. (2013, S. 925).....	90
Abb. 24: Vorgehen bei der Analyse mittels Kommunikationsgraphen in der vorliegenden Arbeit	90
Abb. 25: Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Fragen (DSI-F) (n = 64)	92
Abb. 26: Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (DSI-UP) (n = 64).....	93
Abb. 27: Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (DSI-UP) differenziert nach 2a/b, 3a/b (n = 64).....	94
Abb. 28: Kompetenz der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten (DSI-AI) (n = 64).....	94
Abb. 29: Wissen der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Fragen (USI-F).....	95
Abb. 30: Wissen der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Untersuchungsplanung (USI-UP) (n = 64).....	96
Abb. 31: Wissen der Gruppen im Bereich naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten (USI-AI) (n = 64)	97
Abb. 32: Anzahl der Gruppen, die eine bestimmte Anzahl unterschiedlicher Fragen formulieren.....	98
Abb. 33: Anzahl der Gruppen, die eine bestimmte Anzahl unterschiedlicher Untersuchungen durchführen.....	99
Abb. 34: Untersuchung Reaktionspartner (Prototyp "Reaktionspartner oszillierend")	104
Abb. 35: Untersuchung Reaktionspartner (Prototyp "Reaktionspartner oszillierend mit Rückkehr zur Frage").....	104
Abb. 36: Untersuchung Reaktionspartner (Prototyp "Reaktionspartner linear").....	105
Abb. 37: Untersuchung Gas (qual.) (Prototyp "Gas (qual.) oszillierend")	106
Abb. 38: Untersuchung Gas (qual.) (Prototyp "Gas (qual.) linear").....	106
Abb. 39: Untersuchung Farbe (Prototyp "Farbe linear lesen").....	107
Abb. 40: Untersuchung Farbe (Prototyp "Farbe linear experimentell")	108
Abb. 41: Untersuchung Farbe (Prototyp "Farbe oszillierend experimentell")	108
Abb. 42: Untersuchung pH-Wert (Prototyp "pH-Wert linear").....	109
Abb. 43: Untersuchung pH-Wert (Prototyp "pH-Wert oszillierend")	109
Abb. 44: Untersuchung pH-Wert (Prototyp "pH-Wert vermutungsbasiert")	110

Abb. 45: Untersuchung Temperaturänderung (Differenz) (Prototyp "T-Diff. linear experimentell").....	111
Abb. 46: Untersuchung Temperaturänderung (Differenz) (Prototyp "T-Diff. linear experimentell ohne Frage").....	111
Abb. 47: Untersuchung Gas (qual. und quant.) (Prototyp "Gas (qual. und quant.) oszillierend mit zweiter Frage")	112
Abb. 48: Untersuchung Aroma (Prototyp "Aroma linear lesen").....	113
Abb. 49: Untersuchung Aroma (Prototyp "Aroma linear experimentell")	113
Abb. 50: Untersuchung "Einfluss Lösungsmittel" (Prototyp „LM linear“).....	114
Abb. 51: Untersuchung Einfluss Lösungsmittel (Prototyp "LM oszillierend").....	115
Abb. 52: Untersuchung Temperaturänderung (Ursache) (Prototyp "T-Ursache linear")	115
Abb. 53: Untersuchung Temperaturänderung (Ursache) (Prototyp "T-Ursache oszillierend")	116
Abb. 54: Untersuchung Gas (quant.) (Prototyp "Gas (quant.) linear").....	117
Abb. 55: Untersuchung Volumenänderung (Prototyp "Volumen linear").....	117
Abb. 56: Untersuchung Massenänderung (Prototyp "Massenänderung linear")	118
Abb. 57: Überwiegend "oszillierende" Kommunikationsstruktur über alle Untersuchungen hinweg.....	119
Abb. 58: Überwiegend "lineare" Kommunikationsstruktur über alle Untersuchungen hinweg	119
Abb. 59: Verteilung der Verweildauer an der Experimentierstation "ECce!" auf unterschiedliche Phasen	138
Abb. 60: Kommunikationsstruktur „linear“	139
Abb. 61: Kommunikationsstruktur „oszillierend“	139
Abb. 62: Gesamtkonzept der informellen Lernumgebung	158
Abb. 63: Modell zur Konzeption der Wanderausstellung "Völlig losgelöst" (verändert nach Laherto, 2013).....	159
Abb. 64: Schematischer Ablauf der Experimentierstation „ECce!“	160
Abb. 65: Inhaltliche Vorgehensweise bei der Datenauswertung	162
Abb. 66: Kommunikationsstruktur „linear“	164
Abb. 67: Kommunikationsstruktur „oszillierend“	164

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kategoriensystem "DSI-Fragen" (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen)	80
Tab. 2: Kategoriensystem "DSI-Untersuchungsplanung" (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen).....	82
Tab. 3: Kategoriensystem "DSI-Analyse & Interpretation" (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen).....	83
Tab. 4: Kategoriensystem "USI-Fragen" (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, 2 = zwei Merkmale ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen)	85
Tab. 5: Kategoriensystem „USI-Untersuchungsplanung“ (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, 2 = zwei Merkmale ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen)	86
Tab. 6: Kategoriensystem „USI-Analyse & Interpretation“ (1 = ein Merkmal ausreichend für die Vergabe der Kategorie, 2 = zwei Merkmale ausreichend für die Vergabe der Kategorie, kursiv = Anmerkungen zu Anker-Beispielen)	88
Tab. 7: Interkoderreliabilität für alle sechs Kategoriensysteme (n = 15 Aufnahmen; 2 Kodierer)	89
Tab. 8: In der Fragenentwicklung gestellte Fragen	98
Tab. 9: In der Fragenentwicklung gestellte Fragen und in der Experimentierphase durchgeführte Untersuchungen.....	99
Tab. 10: Dauer der am häufigsten durchgeführten Untersuchungen	100
Tab. 11: In der Fragenentwicklung gestellte Fragen und in der Experimentierphase durchgeführte Untersuchungen.....	101
Tab. 12: Überblick über die Anteile und Häufigkeiten der Kommunikationsstruktur-Prototypen an einzelnen Untersuchungen.....	103
Tab. 13: Präferierte Kommunikationsstruktur der Gruppen über alle Untersuchungen für Gruppen mit zwei oder mehr Untersuchungen (n = 56; n = 8 Gruppen führen eine oder keine eigene Untersuchung durch).....	118
Tab. 14: Anteile und Häufigkeiten der Gruppen nach Qualität der Kommunikation über Erkenntnisgewinnung (n = 64)	120
Tab. 15: Aussagen der Probanden im Post-Interview zu naturwissenschaftlichen Fragen im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 60).....	121

Tab. 16: Aussagen der Probanden im Post-Interview zur naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 60).....	122
Tab. 17: Aussagen der Probanden im Post-Interview zur naturwissenschaftlichen Analyse & Interpretation von Daten im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung (n = 60)	123
Tab. 18: Vergleich der Oberkategorien über die Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung (n = 60).....	124
Tab. 19: Aussagen der Probanden zu Kommunikation und Kooperation (n = 60)	125
Tab. 20: Ergebnisse der Betrachtungen zur Normalverteilung der Daten ausgewählter skaliertter Variablen.....	126
Tab. 21: Übersicht über alle Zusammenhänge zwischen den Verhaltensvariablen und ausgewählten Prädiktoren (S = soziodemographisch, V = Voraussetzungen im Bereich Erkenntnisgewinnung, B = Selbstbericht im Post-Interview, * = Trend laut statistischem Text signifikant).....	128
Tab. 22: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Gruppentyp und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05).....	129
Tab. 23: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Betreuer der Gruppe und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05).....	130
Tab. 24: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Experimentiererfahrung und skalierten Verhaltensvariablen (n = 60, p = 0,05)	131
Tab. 25: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen DSI-UP-Kompetenz und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05)	133
Tab. 26: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen DSI-AI-Kompetenz und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05)	133
Tab. 27: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Schwierigkeit der Fragestellung und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05).....	134
Tab. 28: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Schwierigkeit der Untersuchungsplanung und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05).....	135
Tab. 29: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests für Zusammenhänge zwischen Schwierigkeit der Analyse & Interpretation und skalierten Verhaltensvariablen (n = 64, p = 0,05) ...	136
Tab. 30: Übersicht über die häufigsten Themen im Post-Interview nach den drei Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung (n = 64)	142

11 Anhang

11.1 Anhang I: Vermittlungsmethoden orientiert an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung – Zwei Fallbeispiele

Hier werden verkürzt zwei idealisierte Unterrichtsverläufe zum Thema „Brausetablette“ dargestellt. Anhand dieser Unterrichtsverläufe sollen die verschiedenen Merkmale der Vermittlungsmethode illustriert und ihre Ausprägungen kontrastiert werden.

Merkmal	A		B	Merkmal
Fachwissen, Offenheit (geschlossen)	Die Lehrperson sagt den Schülern, dass das Thema der heutigen Stunde die Brausetablette ist. Sie zeigt den Schülern eine Brausetablette in Wasser und erklärt, dass es sich bei der Gasentwicklung um eine chemische Reaktion handelt, weil ein neuer Stoff gebildet wird. Die Schüler sollen die Frage untersuchen: Welche Stoffe führen zu einer Gasentwicklung, wenn man Wasser hinzugibt?	P R O B L E M F I N D U N G	Die Lehrperson sagt den Schülern, dass das Thema der heutigen Stunde die Brausetablette ist. Sie zeigt den Schülern eine Brausetablette in Wasser. Die Schüler sollen erklären, woran sie erkennen können, dass es sich um eine chemische Reaktion handelt. Die Schüler diskutieren das Problem und nennen schließlich die Bildung eines neuen Stoffes. Die Schüler sollen nun eine Frage zu dieser Reaktion stellen, die sich experimentell untersuchen lässt. Die Schüler diskutieren das Problem und nennen zwei Fragen: 1. Welche Stoffe führen zu einer Gasentwicklung, wenn man Wasser hinzugibt? 2. Welcher Stoff ist das Gas? Die Schüler sollen sich für eine Frage entscheiden und stimmen für Frage 2.	Kommunikation Offenheit (offen) Kommunikation
Offenheit (offen) Kooperation Kommunikation, Kooperation	Die Lehrperson stellt den Schülern eine Reihe von Geräten und Chemikalien zur Verfügung. Die Schüler sollen mit deren Hilfe in Partnerarbeit eine geeignete Untersuchung zu der Fragestellung planen, die sie in 20 Minuten durchführen können. Die Schüler diskutieren das Problem und entscheiden sich für verschiedene Vorgehensweisen. Manche wollen einzelne Stoffe mit Wasser in Reagenzgläsern kombinieren. Andere wollen mehrere Stoffe gleichzeitig zusammen in Bechergläser mit Wasser geben.	P L A N U N G	Die Lehrperson stellt den Schülern die Glimmspanprobe als einen Nachweis für Sauerstoff vor und die „Kalkwasserprobe“ als einen Nachweis für Kohlenstoffdioxid. Außerdem wird das pneumatische Auffangen eines Gases vorgestellt. Die Schüler sollen in Vierergruppen das Gas aus der Brausetablette auffangen und dann mit beiden Nachweisen testen.	Fachmethodenwissen Kooperation, Offenheit (geschlossen)
Kooperation	Die Schüler führen ihre Untersuchungen durch.		Die Schüler führen ihre Untersuchungen durch.	Kooperation
Kommunikation, Reflexion Fachwissen	Die Schüler werten ihre Untersuchungen aus und interpretieren, dass Natriumhydrogencarbonat und Citronensäure miteinander reagieren. Die Schüler sollen diskutieren, welche Untersuchungen am geeignetsten zur Beantwortung der Frage waren. Schließlich erklärt die Lehrperson, dass das entstehende Gas Kohlenstoffdioxid ist und aus der Reaktion der beiden Stoffe mit Wasser gebildet wird.	P R O S T E N S I V E	Die Schüler werten ihre Untersuchungen aus und interpretieren, dass das Gas Kohlenstoffdioxid ist. Die Schüler sollen diskutieren, ob ihre Untersuchung ihnen schon erlaubt zu beschreiben welche Stoffe zu Kohlenstoffdioxid reagieren. Die Schüler argumentieren, dass sie dazu auch noch die Frage 1 untersuchen müssten.	Kommunikation, Reflexion

Phasierung: In beiden Fällen besteht eine nahezu identische Phasierung. Es beginnt mit einer Problemfindungsphase. Es folgt eine Untersuchungsplanung. Dann kommt es zu einer Versuchsdurchführung. Es endet mit einer post-experimentellen Phase.

Offenheit: Die beiden Fälle unterscheiden sich in der Offenheit der verschiedenen Phasen. In Fall A ist die Problemfindungsphase vollständig geschlossen. Die Frage wird den Schüler vorgegeben. Dafür ist die Untersuchungsplanung relativ offen gestaltet. Die Schüler können mit Einschränkung durch bereitgestelltes Material und vorgegeben. In Fall B ist die Problemfindungsphase etwas geöffnet. Das Phänomen (Brausetablette) ist vorgegeben und auch die chemische Reaktion als Thema vorgegeben, aber sie formulieren die Fragen selbst und entscheiden, welche untersucht werden soll. Dagegen ist die Untersuchungsplanung vollständig geschlossen und wird von der Lehrperson vorgegeben.

Fachwissen: In Fall A wird an zwei Stellen Fachwissen von der Lehrperson vorgegeben. Die Bildung eines neuen Stoffes wird als Merkmal einer chemischen Reaktion genannt. Die Entstehung von CO_2 wird den Schülern vorgegeben.

Fachmethoden: In Fall A wird kein direkter fachmethodischer Input gegeben. Eventuell können Fachmethoden bei der Reflexion thematisiert werden. In Fall B wird erheblicher fachmethodischer Input gegeben. Mit dem pneumatischen Auffangen und den beiden Gastests werden drei Fachmethoden entweder neu eingeführt oder aufgefrischt.

Kommunikation: In beiden Fällen gibt es Kommunikationsanlässe. In Fall A ist dies insbesondere bei der Untersuchungsplanung und in der post-experimentellen Phase. In Fall B ist dies insbesondere bei der Problemfindung und in der post-experimentellen Phase.

Kooperation: Beide Fälle geben vereinzelt Anlass zur Kooperation. In Fall A müssen die Partner für ein gemeinsames Vorgehen entscheiden. In Fall B müssen die Schüler sich für eine gemeinsame Frage entscheiden. In der Untersuchungsphase wird es aufgrund der Komplexität der Versuche zur Kooperation kommen.

Reflexion: In beiden Fällen werden am Ende Impulse zur Reflexion gegeben. In Fall A ist es eine Reflexion über die Passung zwischen Fragestellung und Untersuchungsplanung. In Fall B ist es eine Reflexion über den Umfang in dem das Thema Reaktion der Brausetablette mit der durchgeführten Untersuchung bearbeitet wurde.

Der Vergleich dieser beiden stark konstruierten, aber nicht völlig realitätsfernen Fälle zeigt: Die Phasierung ist das konstante Merkmal, während die Ausprägung der anderen Merkmale in wechselseitiger Abhängigkeit und in Abhängigkeit vom Gegenstand ist. Am Gegenstand Brausetablette kann die Offenheit sowohl in der Problemfindung als auch in der Untersuchungsplanung variiert werden. Die stärker geöffneten Phasen sind dann auch Phasen, in denen verstärkt Kommunikation und Kooperation stattfinden. Umgekehrt führt die Notwendigkeit von Input in den Bereichen Fachwissen und Fachmethoden zu einer stärkeren Geschlossenheit einer Phase. Reflexion schließlich ist ein Merkmal, was sich nicht automatisch ergibt, sondern gezielt durch Impulse angeleitet werden muss.

11.2 Anhang II: Leitfaden-Interview mit RESOLV-Forschern

Wie sind Sie auf Ihr aktuelles Forschungsthema gestoßen?

[Bild einer Schülerin zeigen] Das ist Franka. Franka ist 11 Jahre alt und in der 6ten Klasse Gesamtschule. Bitte erklären Sie Franka, woran Sie forschen.

Was hat das mit Lösungsmitteln zu tun?

Was sind die drei Gründe, die Sie in Ihrer Forschung antreiben?

Was war das bisher aufregendste Ereignis in Ihrer wissenschaftlichen Karriere?

Wo finden Sie Inspiration für Ihre Forschung? (Ort, Tätigkeit, ...)

Sie erhalten eine hohe Fördersumme ohne Zweckbindung. Welchem Thema würden Sie sich widmen?

Sie begeben sich in eine längere Auszeit, um in aller Ruhe ohne Ablenkung über Ihre Forschung nachzudenken. Dafür suchen Sie sich einen weit entfernten Ort auf, und Ihr Gepäckvolumen ist begrenzt. Ein bisschen Platz ist aber noch und Sie möchten einen Gegenstand mitnehmen, der Sie an Ihr Forschungsthema erinnert. Was könnte dieses Schuhkarton-große Objekt sein?

11.3 Anhang III: Pre-Interview-Leitfaden

TEIL 1: Erhebung sozioökonomischer Daten

- a. Alter
- b. Geschlecht
- c. Besuchte Schulform
- d. Ausbildung/ Studium
- e. Aktuelle Tätigkeit

TEIL 2: DSI/ USI-Interview

1. Helikopter-Item

Sage den Teilnehmern, dass du ihnen etwas zeigen wirst und dass sie sehr sorgfältig zusehen sollen. Lasse die beiden verschieden großen Papier-Helikopter nacheinander fallen (s. Anhang).

Bitte jeden Teilnehmer, eine Beobachtung und dann eine Schlussfolgerung darüber zu nennen, was sie gerade gesehen haben.

Frage dann ob das, was er gerade gesehen hat, eine naturwissenschaftliche Untersuchung war. Bitte um Begründung.

Wenn sie sagen, es sei keine gewesen, frage sie, was sie machen müssten, um es zu einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu machen.

2. Vogel-Item

Erzähle folgende Begebenheit: „Es gab einmal eine Frau, die liebte Vögel. Sie reiste um die gesamte Welt, um sie zu studieren. Während sie reiste, fiel ihr auf, dass Vögel viele verschieden geformte Schnäbel besitzen. Zum Beispiel waren manche lang und dünn, manche waren groß und scharf, und manche waren winzig und kurz. Sie beobachtete auch, dass die Vögel unterschiedliche Arten von Nahrung aßen. Sie stellte die Frage: „Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Schnabelform der Vögel und den Arten von Nahrung, die sie aßen?“

Denkst Du, dass das den Beginn einer wissenschaftlichen Arbeit darstellt? Warum oder warum nicht?

Was sollte sie als nächstes tun, um ihre Frage zu beantworten? Gibt es verschiedene Wege, auf denen sie vorgehen könnte?

3. Brausetablette-Item

Gib eine Vitamintablette in einen Becher mit Wasser. Der Teilnehmer hält den Becher in der Hand und gibt die Brausetablette in das Wasser.

Bitte den Teilnehmer, das Phänomen zu beschreiben.

Bitte den Teilnehmer zu erklären, wie man das Phänomen wissenschaftlich untersuchen kann.

Falls noch nicht geschehen, bitte den Teilnehmer, eine konkrete, wissenschaftliche Frage zu formulieren.

Bitte den Teilnehmer zu erklären, warum seine Frage wissenschaftlich ist.

Falls noch nicht geschehen, bitte den Teilnehmer, ein konkretes Untersuchungsdesign vorzuschlagen.

Bitte den Teilnehmer zu erklären, warum seine Vorgehensweise wissenschaftlich ist.

11.4 Anhang IV: Post-Interview-Leitfaden

Ich möchte Sie nun noch einmal zu dem gerade Erlebten befragen. Bitte scheuen Sie nicht, nachzufragen, wenn Ihnen eine meiner Fragen unverständlich ist.

1. Was hat Ihnen an Ihrem eigenen Experimentieren besondere Freude bereitet?
2. Ich möchte mit Ihnen über die Entwicklung Ihrer Forschungsfrage sprechen.
 - a. War es für Sie leicht/ schwierig?
 - b. Was hat Ihnen geholfen?
 - c. Was hat Ihnen Schwierigkeiten bereitet?
3. Ich möchte jetzt mit Ihnen über Ihre Untersuchungsplanung sprechen.
 - a. War es für Sie leicht/ schwierig?
 - b. Was hat Ihnen geholfen?
 - c. Was hat Ihnen (sonst noch) Schwierigkeiten bereitet?
4. Nun möchte ich über die Auswertung Ihrer Untersuchungen sprechen.
 - a. War es für Sie leicht/ schwierig?
 - b. Was hat Ihnen geholfen?
 - c. Was hat Ihnen (sonst noch) Schwierigkeiten bereitet?
5. Ich möchte, dass Sie sich noch einmal an das Gespräch mit Ihren Experimentierpartnern erinnern.
 - a. Wie schätzen sie das Gespräch ein?
 - b. Hat die Diskussion mit Ihren Partnern Ihnen geholfen oder hat sie Sie gehindert?
 - c. Waren Sie sich häufig einig/ uneinig?
6. Abschließend möchte ich über Ihre früheren Experimentiererfahrungen sprechen.
 - a. Wo und wann haben Sie zuletzt experimentiert?
 - b. War es ...
 - i. einfacher/ schwieriger?
 - ii. langweiliger/ kurzweiliger?

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

11.5 Anhang V: Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung

DSI-Fragen

Niv.	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregeln
0	- kein Bezug zu naturwissenschaftlichen Fragen im Text		- Fragen wie „Was fällt auf?“, „Was kannst du beobachten?“, „Was kannst du feststellen?“ werden hier kodiert. - Fragen aus dem Auswertungsteil, die nicht sinnvoll am Anfang des Versuchs stehen könnten bzw. keinen direkten Bezug haben, werden hier kodiert (z.B. weiterführende Fragen).
1	- Fragestellung (in direkter oder indirekter Rede) vorhanden, aber → nicht direkt nach einem naturwissenschaftlichen Sachverhalt fragend ¹ → ist unspezifisch ¹ → ist empirisch nicht überprüfbar ¹	Woher kommt das Zischen? (<i>unabh. Var. unklar</i>) VL_713_0076) Funktioniert das auch mit einer anderen Brausetablette, z.B. Magnesium? (<i>abh. Var. unklar</i>) VL_713_0077) Wie unterscheidet sich das sonst? (<i>unspezifisch</i>) VL_713_0077)	- Wenn auf die Beschreibung einer Beobachtung/ eines Phänomens direkt eine Vermutung/ Hypothese abgeleitet wird, dann wird dies nicht als Implikation einer Frage kodiert. - Nicht nach dem naturwissenschaftlichen Sachverhalt fragende Fragen sind solche, die mit „Wer ...“ beginnen - Unspezifische Fragen beginnen mit „Wie ...“, nicht gefolgt von einem Adjektiv - Fragen aus dem Auswertungsteil werden unter Fragen-SI nur mit >0 kodiert, wenn sie Bezug zum Inhalt des Versuchs haben und auch sinnvoll am Anfang des Versuchs stehen könnten (also keine weiterführenden Fragen).
2	- Bezug zur naturwissenschaftlichen Fragen im Text - korrekte Fragestellung nach Fakten → Frage ist empirisch überprüfbar	P: Ob es wirklich kalt wird, also ob die Temperatur – B: Temperaturabsenkung? (VL_713_0075) Wie viel Gas entstanden ist? (VL_713_0075) Ist das mehr oder weniger geworden? Können wir das natürlich auch vergleichen, ob das mehr Flüssigkeit geworden ist, ob sich das aufgebläht hat in Anführungsstrichen. (VL_713_0076) Ob noch etwas [weißer Feststoff] übrig bleibt? (VL_713_0089)	- Es wird gewertet, wenn die Frage sich durch wissenschaftliche Untersuchungen überprüfen lässt - Fragen können nach Phänomenen oder Variablen fragen - Eine Frage wird dann kodiert, wenn sie einen Forschungszyklus initiiert bzw. prinzipiell einen Forschungszyklus initiieren könnte. - Eine Frage wird unabhängig von ihrer Stellung in der Kontexteinheit kodiert, solange sie eindeutig auf eine beschriebene Untersuchung (z.B. Betrachte V1. Was kannst du über die Löslichkeit von Iod und Brom in Benzin aussagen?) bezogen ist. - Fragen aus dem Auswertungsteil werden unter Fragen-SI nur mit >0 kodiert, wenn sie Bezug zum Inhalt des Versuchs haben und auch sinnvoll am Anfang des Versuchs stehen könnten (also keine weiterführenden Fragen).

11.5 Anhang V

3	<p>- Bezug zur naturwissenschaftlichen Fragen im Text</p> <p>- korrekte Fragestellung nach Zusammenhängen</p> <p>→ Frage ist empirisch überprüfbar</p>	<p>Was ist in der Tablette dafür verantwortlich, dass es gelb wird? (VL_713_0075)</p> <p>Löst sich dieser Stoff, der sich da absetzt, wenn ich da mehr Wasser hinzugebe? (VL_713_0075)</p> <p>Welcher Stoff ist dafür [für die Temperaturabsenkung] verantwortlich? (VL_713_0075)</p> <p>Warum oder was ist dafür verantwortlich, dass es so sprudelt? (VL_713_0089)</p>	<p>- Es wird gewertet, wenn die Frage sich durch wissenschaftliche Untersuchungen überprüfen lässt</p> <p>- Gewertet wird eine Frage zu qualitativem oder quantitativem Zusammenhang</p> <p>- Eine Frage wird dann kodiert, wenn sie einen Forschungszyklus initiiert bzw. prinzipiell einen Forschungszyklus initiieren könnte.</p> <p>- Eine Frage wird unabhängig von ihrer Stellung in der Kontexteinheit kodiert, solange sie eindeutig auf eine beschriebene Untersuchung (z.B. Betrachte V1. Was kannst du über die Löslichkeit von Iod und Brom in Benzin aussagen?) bezogen ist.</p> <p>- Fragen aus dem Auswertungsteil werden unter Fragen-SI nur mit >0 kodiert, wenn sie Bezug zum Inhalt des Versuchs haben und auch sinnvoll am Anfang des Versuchs stehen könnten (also keine weiterführenden Fragen).</p> <p>- Die unabhängige und abhängige Variable müssen in der Fragestellung unter Einbeziehung des Kontextes klar identifizierbar sein.</p> <p>- Es dürfen nur je eine unabhängige und abhängige Variable genannt werden.</p>
---	--	--	---

DSI-Untersuchungsplanung

Niv.	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregeln
0	- kein Bezug zu naturwissenschaftlicher Untersuchungsplanung im Text		<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung eines Modells (Modell ungleich Modellexperiment) wird nicht als SI-Design gewertet - Alleiniger Bau eines Instruments, Erlernen einer Methode ist nicht ausreichend für SI-Design
1	- Untersuchung erlaubt die Produktion eines Phänomens oder eines Vorgangs oder einer ungerichteten Beobachtung	<p>Dann könnten wir es [das Gas] anzünden. (<i>ungerichtete Beobachtung</i>) (VL_713_0076)</p> <p>Man könnte zum Beispiel das Wasser nehmen und da einen dieser Stoffe immer reinschmeißen. (<i>ungerichtete Beobachtung</i>) (VL_713_0077)</p> <p>Sie soll halt die Vögel beobachten. (<i>ungerichtete Beobachtung</i>) (VL_713_0077)</p> <p>B: Was sollte die Frau jetzt als nächstes tun, um ihre Frage zu beantworten? P: Beobachtungen anstellen. (<i>ungerichtete Beobachtung</i>) (VL_713_0089)</p>	

11.5 Anhang V

2	<p>- Untersuchung erlaubt das Erheben von Fakten</p> <p>a) ohne besondere Eigenschaften</p> <p>b) UND eine Eigenschaft wird genutzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Dauer¹ → Messgenauigkeit¹ → Stichprobengröße¹ → Messwiederholung¹ → konstante Bedingungen¹ → Blindprobe¹ → Reproduzierbarkeit¹ → Referenz¹ 	<p>a)</p> <p>Das Gas auffangen und, wenn man weiß, wie CO₂ reagiert, dass man da ein Experiment durchführt, um das dann festzustellen. (VL_713_0089)</p> <p>Temperatur könnte man wahrscheinlich einfach messen, wenn man vorher die Temperatur misst und dann das, was da entstanden ist. (VL_713_0075)</p> <p>Wir können den Streifen mit der pH-Wert-Messung da rein stecken und gucken, ob sich das verändert hat. (VL_713_0076)</p> <p>Beobachten, was die da genau essen, ob das dann Unterschiede macht, dass man nachher immer sagen kann, die essen das und die essen das. (VL_713_0078)</p> <p>b)</p> <p>P: Farbstoff, da bräuchte man Referenzfarbstoffe. B: Ja, und wie könnte man das untersuchen? P: Mit einer DC würde mir einfallen, also wenn man jetzt keine Gerätschaften wie die Photometrie da hätte. (<i>Merkmal: Referenz</i>) (VL_713_0075)</p> <p>P2: Man kann zum Beispiel mit einer Gaswaschflasche das machen oder so bzw. nen Erlenmeyerkolben oder einen Kolbenprober und dann einfach mal das Gasvolumen messen. Das was du gesagt hast. Es wird gelöst und dann fängt man das auf. Und dann könnte man natürlich versuchen, ob man eine zweite Brausetablette da reingibt, ob da die gleiche Menge Gas dann bei entsteht in der gleichen Lösung. (<i>Merkmal: Stichprobe</i>) (VL_713_0089)</p> <p>Versuch immer gleich so viel zu nehmen. Vorher war ein bisschen weniger. (<i>Merkmal: konstante Bedingungen</i>) (VL_713_0076)</p> <p>P1: Reicht? Oder noch ein Stündchen schütteln? P2: Reicht. (<i>Merkmal: Dauer</i>) (VL_713_0075)</p>	<p>- Nennung und/oder Beschreibung des Untersuchungsdesigns werden gewertet</p> <p>- Eine Beobachtung und/ oder Beschreibung wird gefordert bzw. die Mess-/ Beobachtungsgröße wird benannt.</p> <p>- Das Anfertigen einer graphischen Darstellung von Daten (z.B. die Anfertigung einer Mikroskopie-Zeichnung) wird gewertet</p> <p>Für die Vergabe von b) kann eines der Merkmale vorgegeben sein oder die Erfüllung wird vom Text gefordert.</p> <p>- Dauer = Zeitrahmen für die Untersuchung oder einzelne Untersuchungsschritte</p> <p>- Messgenauigkeit = Genauigkeit der zu verwendenden Messgeräte; bezieht sich auf das Erfassen der Beobachtungsgröße bzw. abhängigen Variablen</p> <p>- Stichprobengröße = Anzahl der zu erfassenden Fälle (z.B. Untersuchung von fünf Hunden); eine Auswahl verschiedener Objekte stellt normalerweise keine Stichprobe dar</p> <p>- Messwiederholung = Anzahl der durchzuführenden, identischen Untersuchungsgänge mit ein und demselben Fall (z.B. wiederholtes Testen des Metalls Eisen auf elektr. Leitfähigkeit)</p> <p>- konstante Bedingungen = Angabe von Variablen, die nicht direkt als betrachtet werden, aber als mögliche Einflussfaktoren auf die Untersuchung in Frage kommen und daher auf einen bestimmten Wert eingestellt werden müssen (z.B. Raumtemperatur, Uhrzeit)</p> <p>- Blindprobe = Durchführung der Untersuchung oder eines Untersuchungsschritts mit bereits bekanntem Ausgang (z.B. Fehling-Probe mit Glucose-Lösung = positive Blindprobe, F-P mit Wasser = negative Blindprobe)</p> <p>- Referenz = experimentelle Nutzung einer Referenz (z.B. bei DC)</p>
---	--	--	---

3	<p>- Untersuchung erlaubt das Erheben von Zusammenhängen</p> <p>a) ohne besondere Qualitätsmerkmale</p> <p>b) UND eine Eigenschaft wird genutzt:</p> <p>→ Dauer¹</p> <p>→ Messgenauigkeit¹</p> <p>→ Stichprobengröße¹</p> <p>→ Messwiederholung¹</p> <p>→ konstante Bedingungen¹</p> <p>→ Blindprobe¹</p> <p>→ Kontrolle¹</p> <p>→ Variablenkontrolle¹</p> <p>→ Reproduzierbarkeit¹</p> <p>→ Referenz¹</p>	<p>a)</p> <p>Also, wenn sie beobachtet hat, dass verschiedene Schnabelformen unterschiedliche Nahrungsformen aufnehmen, müsste sie jeder Schnabelform jedes Futter vorsetzen (<i>unabh. Var.</i>) und gucken, wie gut die Schnäbel oder die Vögel damit zurecht kommen und ob jeder Schnabel dann wirklich alles gut aufnehmen kann. Oder welches besser, welches nicht. (<i>abh. Var.</i>) (VL_713_0075)</p> <p>B: Kannst du dir vorstellen, wie würde man das jetzt als Forscher machen?</p> <p>P1: Weiß ich nicht genau. P2: Vielleicht das einzeln untersuchen. Also wir würden Wasser nehmen und zum Beispiel jetzt den Zucker da reinschmeißen (<i>unabh. Var.</i>) und gucken: Zischt das? (<i>abh. Var.</i>) Und dann würde ich – meine Annahme, es zischt nicht – dann würde ich die Zitronensäure nehmen und noch mal da reinschmeißen, gucken: Zischt das? Also erstmal würde ich das einzeln untersuchen. (VL_713_0076)</p> <p>b)</p> <p>P1: Und zum Schluss die Weinsäure noch einzeln ausprobieren? Oder sollen wir schon anfangen, was zu kombinieren. P2: Ne, lass uns was kombinieren, was wir vorher auch einzeln probiert haben. Sonst wissen wir nicht, ob das, ne. Wenn wir sofort die Weinsäure mit irgendwas kombinieren, könnte es ja auch die Kombination oder die Weinsäure sein. (<i>Var. im Kontext klar, Merkmal: Kontrolle</i>) (VL 713 0078)</p>	<p>- Für die Vergabe von müssen mindestens zwei zu erhebende Variablen erkennbar sein. Diese Variablen müssen prinzipiell in einem Zusammenhang stehen.</p> <p>- Für die Vergabe von b) kann eines der Merkmale vorgegeben sein oder die Erfüllung wird vom Text gefordert.</p> <p>- Kontrolle = Beobachtung/ Messung einer Teilstichprobe, an der keine Intervention (keine Veränderung der unabh. Variablen) vorgenommen wird</p> <p>- Variablenkontrolle = systematische Veränderung einer potentiellen unabh. Variablen zur Identifizierung des Einflusses auf die abh. Variable</p> <p>- weitere s. oben</p>
---	--	---	---

DSI-Analyse & Interpretation

Niv.	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregeln
0	- kein Bezug zu naturwissenschaftlicher Analyse & Interpretation im Text		
1	- Bezug zu naturwissenschaftlicher Analyse & Interpretation im Text → Aufforderung zur Formulierung eines Ergebnisses ¹ → Beispielhaftes Ergebnis ¹	Dass die [Helikopter] gleich schnell gefallen sind, obwohl die unterschiedlich groß sind. (VL_713_0075) P1: Ja. P2: Ja, das zischt. OK. P1: Jetzt nicht mehr. P2: Aber es hat gezischt, oder? P1: Weiß ich nicht, nur ganz leise. (VL_713_0076) P1: Also wir haben schon herausgefunden, die Säuren zusammen schäumen nicht. P2: Stimmt, das haben wir. P1: Die beiden Säuren schäumen beide mit den Carbonaten, jeweils. (VL_713_0078) P1: Ich würde sagen, vielleicht sogar noch mehr, weil da ist ja auch ein bisschen was dazu gekommen. Ungefähr drei B: Ich schreibe auf mindestens wie viel? P1: Drei, ich glaub dreihundert Milliliter ist das, oder? B: Dreihundert Milliliter. (VL_713_0089)	- Ergebnis = Auswahl relevanter Daten → Die Zuordnung erfolgt unabhängig von dem verwendeten Begriff
2	- Bezug zu naturwissenschaftlicher Analyse & Interpretation im Text → Aufforderung zur Interpretation ¹ → Mindestens eine beispielhafte Interpretation ¹	47, bei 48 hatten wir es. Das Volumen verringert sich auf jeden Fall. (VL_713_0075) B: So, das heißt also „Woher kommt das Zischen?“ können wir jetzt wie beantworten? P1: Calciumcarbonat und die Zitronensäure. B: Genau. Das heißt also, wenn wir uns jetzt diese Tablette hier anschauen, dass dieses Zischen und Sprudeln von diesen beiden Stoffen ausgelöst wird. (VL_713_0076) P1: Zweiter Nachweis positiv. P2: Dass es ein Gas ist. B: Genau, das ist ein Gas, was nicht brennbar ist (VL_713_0089) Ja, der Vogel mit dem besonders langen Schnabel schnappt sich die besonders tiefe Blüte, um da seinen Nektar rauszuholen oder um da Insekten rauszufressen, dann würde sich diese Vermutung [Zusammenhang Schnabelform – Nahrung] bestätigen. (VL_713_0078)	- Korrekte Interpretationen sind solche, die → mit der Datenlage übereinstimmen, → eine Interpretation der Daten/ Ergebnisse darstellen - Auch die Benennung als „Ergebnis“ wird gewertet, wenn aus dem Kontext klar wird, dass hier eine Interpretation gemeint ist

3	<p>- Bezug zu naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation im Text → Aufforderung zur Interpretation¹ → Mindestens eine beispielhafte Interpretation¹ - Erfüllung eines Qualitätsmerkmals → Generalisierung¹ → außersystemischer Bezug¹ → Bezug zur Sicherheit¹ → Bezug zur Reichweite¹ → Evaluation des Modells/ Modellexperimentes¹</p>	<p>P1: Vielleicht hebt sich das gegenseitig irgendwie auf. B: Was habt ihr denn jetzt anders gemacht als vorher mit der Brausetablette? Also ihr habt ja jetzt die beiden Stoffe gelöst und dann zusammen geschüttet. Was habt ihr bei der Brausetablette anders gemacht? P1: Sie gleichzeitig gelöst. B: Genau, das wäre eine Erklärungsmöglichkeit. P1: Das heißt, wenn man jetzt ein Näpfchen mit Wasser nimmt und dann von beidem ne Spatelspitze reinschmeißt, dann würde es eventuell einen anderen Effekt geben. (<i>Merkmale: Evaluation des Experiments, Sicherheit</i>) (VL_713_0075)</p> <p>P1: Der Große ist ein bisschen später am Boden angekommen. B: Könnt ihr daraus irgendwas schlussfolgern? P2: Vielleicht irgendwas mit Luftwiderstand, das Kleinere, dass das nicht so gebremst wird? P1: Das wäre irgendwie logisch, ja. (<i>Merkmal: außersystemischer Bezug (Vorwissen)</i>) (VL_713_0078)</p> <p>P1: Das schäumt auch. P2: Also scheint ja jede Kombi irgendwie ganz gut, Hauptsache ein Carbonat. (<i>Merkmal: Generalisierung (Kodierung nur mit Kontext möglich)</i>) (VL_713_0078)</p>	<p>- Korrekte Interpretationen sind solche, die → mit der Datenlage übereinstimmen, → eine Interpretation der Daten/ Ergebnisse darstellen - Auch die Benennung als „Ergebnis“ wird gewertet, wenn aus dem Kontext klar wird, dass hier eine Interpretation gemeint ist - Außersystemischer Bezug kann erfolgen zu → Vorwissen, → Literatur, → anderen Untersuchungen</p>
---	---	--	--

USI-Fragen

Niv.	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregeln
0	- kein Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Fragen zum Erkenntnisprozess gehören	Ja, man wollte was herausfinden. (<i>Andeutung von Untersuchungsziel, aber kein Bezug zu Frage</i>) (VL_713_0077) Das kommt darauf an, was man feststellen will, wollte. (<i>Andeutung von Untersuchungsziel, aber kein Bezug zu Frage</i>) (VL_713_0089)	
1	- Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Fragen zum Erkenntnisprozess gehören (- Falschaussagen über Merkmale naturwissenschaftlicher Fragen)	Sie hat erstmal eine Annahme, eine Beobachtung gemacht und vielleicht eine Hypothese aufgestellt, also so eine Vermutung, was könnte es sein und dann hat sie angefangen, dass zu untersuchen. Das würde ich so als Anfang schon mal annehmen. Also eine Beobachtung stand am Anfang. (<i>Falschaussage (Hypothese ohne Weg über Fragestellung)</i>) (VL_713_0076) B: Warum hat die Frau wie eine Wissenschaftlerin gearbeitet? P: Also eine Fragestellung. Eine Frage und dann die Antwort gesucht. (<i>Frage als Teil des Prozesses</i>) (VL_160117_0003)	- Verbindung von Beobachtung und Hypothese wird nicht als Implikation einer Frage gewertet - Als Falschaussagen werden gewertet: → Naturwissenschaftliche Untersuchung auch ohne Frage möglich → Hypothese kann Frage ersetzen → Hypothese und Frage sind identisch - bei Äußerungen, die richtige und falsche Aussagen beinhalten, werden nur klar richtige Aussagen gewertet.
2	- Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Fragen zum Erkenntnisprozess gehören - Hinweis auf Eigenschaft naturwissenschaftlicher Fragen ¹ → empirisch überprüfbar ¹ → nachvollziehbar ¹ → problemstellend ¹ - Hinweis auf Leitfunktion naturwissenschaftlicher Fragen für den folgenden Erkenntnisgewinnungsprozess ¹ - Sonstige Aussagen über naturwissenschaftliche Fragen ¹ → Zyklizität ¹ → Unterscheidung von Fragen nach Zusammenhängen oder Fakten ¹ → Auswahl aus mehreren möglichen Fragen ¹	Aber es ist natürlich, wenn man eine Frage beantwortet, dann ergeben sich noch andere. (<i>Sonstiges: Zyklizität</i>) VL_713_0075) Es hat die Frage gefehlt. Mir fehlt die Frage. Wir sollten jetzt eine Auswertung quasi machen anhand der Beobachtung. Man wusste nicht, in welche Richtung es gehen sollte. Also, was genau ausgewertet sollte. Und da hätte mir eine Frage oder ein Thema, ja, eine bestimmte Frage hätte, glaube ich, geholfen. (<i>Funktion: Leitfunktion</i>) VL_713_0075)	- Wenn gesagt wird, dass die Frage praktisch falsifizierbar sein muss, dann wird dies als empirisch überprüfbar gewertet - bei Äußerungen, die richtige und falsche Aussagen beinhalten, werden nur klar richtige Aussagen gewertet.

3	<ul style="list-style-type: none"> - Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Fragen zum Erkenntnisprozess gehören - Hinweis auf Eigenschaft naturwissenschaftlicher Fragen² <ul style="list-style-type: none"> → empirisch überprüfbar¹ → nachvollziehbar¹ → problemstellend¹ - Hinweis auf Leitfunktion² - Sonstige Aussagen über naturwissenschaftliche Fragen² <ul style="list-style-type: none"> → Zyklizität¹ → Unterscheidung von Fragen nach Zusammenhängen oder Fakten¹ → Auswahl aus mehreren möglichen Fragen¹ 	<p>B: Ist das der Beginn einer naturwissenschaftlichen Untersuchung? P1: Na gut, ja, weil sie sich etwas fragt (<i>Frage als Teil des Prozesses</i>) und etwas verstehen möchte und die Frage eigentlich der Ausgangspunkt ist. (<i>Funktion: Leitfunktion</i>) P2: Ja und sie hat jetzt in diesem Fall wahrscheinlich schon eine Vermutung. P1: Und hat schon ein bisschen was zumindest überlegt, um überhaupt die Frage formulieren zu können (<i>Eigenschaft: nachvollziehbar</i>). Also das würde ich sagen ist der Anfang. (VL_713_0073)</p> <p>P1: Es hat die Frage gefehlt (<i>Frage als Teil des Prozesses</i>). Mir fehlt die Frage. Also wir sollten daraufhin eine Auswertung quasi machen anhand der Beobachtung. Man wusste nicht, in welche Richtung es gehen sollte, also was genau ausgewertet werden sollte (<i>Funktion: Leitfunktion</i>). Und da hätte mir eine Frage oder ein Thema, ja, eine bestimmte Frage hätte geholfen. [...] Es sind auf jeden Fall konkrete Fragen, das heißt es sind Fragen, die beantwortbar sind (<i>Eigenschaft: problemstellend</i>), beziehen sich auf ein Phänomen, was man vorher beobachtet hat (<i>Eigenschaft: nachvollziehbar</i>). (VL_713_0075)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - bei Äußerungen, die richtige und falsche Aussagen beinhalten, werden nur klar richtige Aussagen gewertet.
---	--	---	---

USI- Untersuchungsplanung

Niv.	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregeln
0	- kein Hinweis auf Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung	<p>Weiß ich nicht so genau. Mittel meine ich. Ja, vielleicht war das erstmal ein Versuch, wie die Sachen funktionieren, aber untersucht haben wir das jetzt nicht. Wir haben ja keine Messung vorgenommen. Deswegen würde ich das jetzt nicht so schätzen [dass es eine nw. Untersuchung ist]. (<i>falsche Aussage</i>) (VL_713_0076)</p> <p>Ich konnte jetzt nur eine Sache beobachten. Es war jetzt noch nichts, was sich dazu vergleichen lässt würde ich sagen. Oder ist es schon ein Vergleich, weil zwei verschiedene gleichzeitig gefallen sind? (<i>Proband zählt „Beobachtung“ nicht als nw. Design, Vergleich wird nicht gewertet</i>) (VL_713_0075)</p>	
1	- Hinweis auf die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung	B: Was sollte sie jetzt tun, um ihre Frage zu beantworten? P1: Sie sollte es wissenschaftlich untersuchen. (<i>Hinweis auf Design</i>) (VL_713_0076)	<p>- „Beschreibung“ wird als Deskription gewertet</p> <p>- „Zusammenhänge herausfinden“ wird als Korrelation gewertet</p>
2	<p>- Hinweis auf die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung</p> <p>a) - Hinweis auf die Bedeutung von Eigenschaften naturwissenschaftlicher Untersuchungen (Dauer¹, Messgenauigkeit¹, Stichprobengröße¹, Messwiederholung¹, Kontrolle¹, Blindprobe¹, Variablenkontrolle¹, konstante Bedingungen¹, Reproduzierbarkeit¹)¹</p> <p>b) - Hinweis auf Funktion von bestimmten naturwissenschaftlichen Untersuchungen¹</p> <p>→ Zusammenhänge finden¹</p> <p>→ Fakten finden¹</p> <p>c) - Sonstige Aussagen über Untersuchungsdesign/ Untersuchung¹</p> <p>→ bei gleicher Fragestellung sind unterschiedliche¹ Untersuchungen möglich</p> <p>→ Wahl des Untersuchungsdesigns beeinflusst die entstehenden Daten¹</p>	<p>B: Also wenn ihr das nicht möchtet, wisst ihr natürlich auch, wenn man alle durchprobiert hat, wie man dann weitermachen würde. Allerdings ist es ja auch so, ein Forscher würde erstmal alle einzeln durchprobieren. Das stimmt. (<i>Eigenschaft: Kontrolle</i>) (VL_713_0077)</p> <p>P: Zu fragen ist natürlich, ob sie bestimmte andere Parameter außer Acht gelassen hat. Wie war das, wurde gesagt, ob das die gleiche Art ist? B: Ne. P: Es war nur Schnabelform und Nahrung, Nahrungsart. (<i>Eigenschaft: konstante Bedingungen</i>) (VL_713_0075)</p> <p>Ja, dass man das viel, viel öfter machen müsste. Damit man sagen könnte, das ist auch jedes Mal so. Das reicht vielleicht einmal nicht. (<i>Eigenschaft: Messwiederholung</i>) (VL_713_0078)</p> <p>Dass man sich Hypothesen aufstellt, die man mit Experimenten möglichst überprüft und dass die Experimente vielleicht auch nachmachbar sind, damit das für andere nachvollziehbar ist. (<i>Eigenschaft: Reproduzierbarkeit</i>) (VL_713_0078)</p> <p>Wissenschaftlich heißt dann, dass man durch irgendwelche Vorgaben, wie Experimente auszusehen haben, eben, was du jetzt auch schon gesagt hast, mit dem, dass das reproduzierbar ist, dass das irgendwo genormt ist, die Durchführung, mehr fallen mir da jetzt aber auch nicht ein. (<i>Eigenschaft: Reproduzierbarkeit, konstante Bedingungen</i>) (VL_713_0078)</p>	<p>- Die einfache Benennung einer Eigenschaft wird nicht gewertet. Es muss der Zweck der Einhaltung eines Merkmals beschrieben werden.</p> <p>- Der „Vergleich“ wird nicht als naturwissenschaftliches Design gewertet, sondern als ein Verfahren, um mit gesammelten Fakten umzugehen.</p>

3	<p>- Hinweis auf die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Untersuchungsplanung</p> <p>a) - Hinweis auf die Bedeutung von Eigenschaften naturwissenschaftlicher Untersuchungen (Dauer¹, Messgenauigkeit¹, Stichprobengröße¹, Messwiederholung¹, Kontrolle¹, Blindprobe¹, Variablenkontrolle¹, konstante Bedingungen¹, Reproduzierbarkeit¹)²</p> <p>b) - Hinweis auf Funktion von bestimmten naturwissenschaftlichen Untersuchungen² → Zusammenhänge finden¹ → Fakten finden¹</p> <p>c) - Sonstige Aussagen über Untersuchungen² → bei gleicher Fragestellung sind unterschiedliche Untersuchungen möglich¹ → Wahl des Untersuchungsdesigns beeinflusst die entstehenden Daten¹</p>	<p>P1: Es war nur einmalig, deshalb kann ich es nicht als eine Untersuchung bezeichnen. Wir haben nur eine Beobachtung gemacht. (<i>Eigenschaft: Messwiederholung</i>) [...] Ja, man hat erstmal beobachtet, es gibt eine Art von Variation und diese Variation muss dann erklärt werden und wir versuchen jetzt diese Erklärungsfaktoren herauszufinden (<i>Funktion: Zusammenhänge finden</i>) und das kann man durch Erhebung von empirischen Phänomenen, also Beobachtungen, ja, das würde ich als einen Anfang bezeichnen. (VL_160109_0060)</p> <p>B: Würdest du sagen, dass das, was ihr jetzt gerade beobachtet, eine naturwissenschaftliche Betrachtungsweise war? P1: Ja. B: Warum? P1: Weil das ein Experiment war und weil man es wiederholt hat (<i>Eigenschaft: Messwiederholung</i>), weil es wiederholbar war (<i>Eigenschaft: Reproduzierbarkeit</i>). Ja, weil man halt verschiedene Experimente durchführt und die dann entsprechend dokumentiert und aus den Ergebnissen, die man beobachtet, dann versucht Schlüsse zu ziehen und Ergebnisse auszuwerten (<i>Sonstiges: unterschiedliche Untersuchungen möglich</i>). (VL_160131_0065)</p>	- s.o.
---	--	--	--------

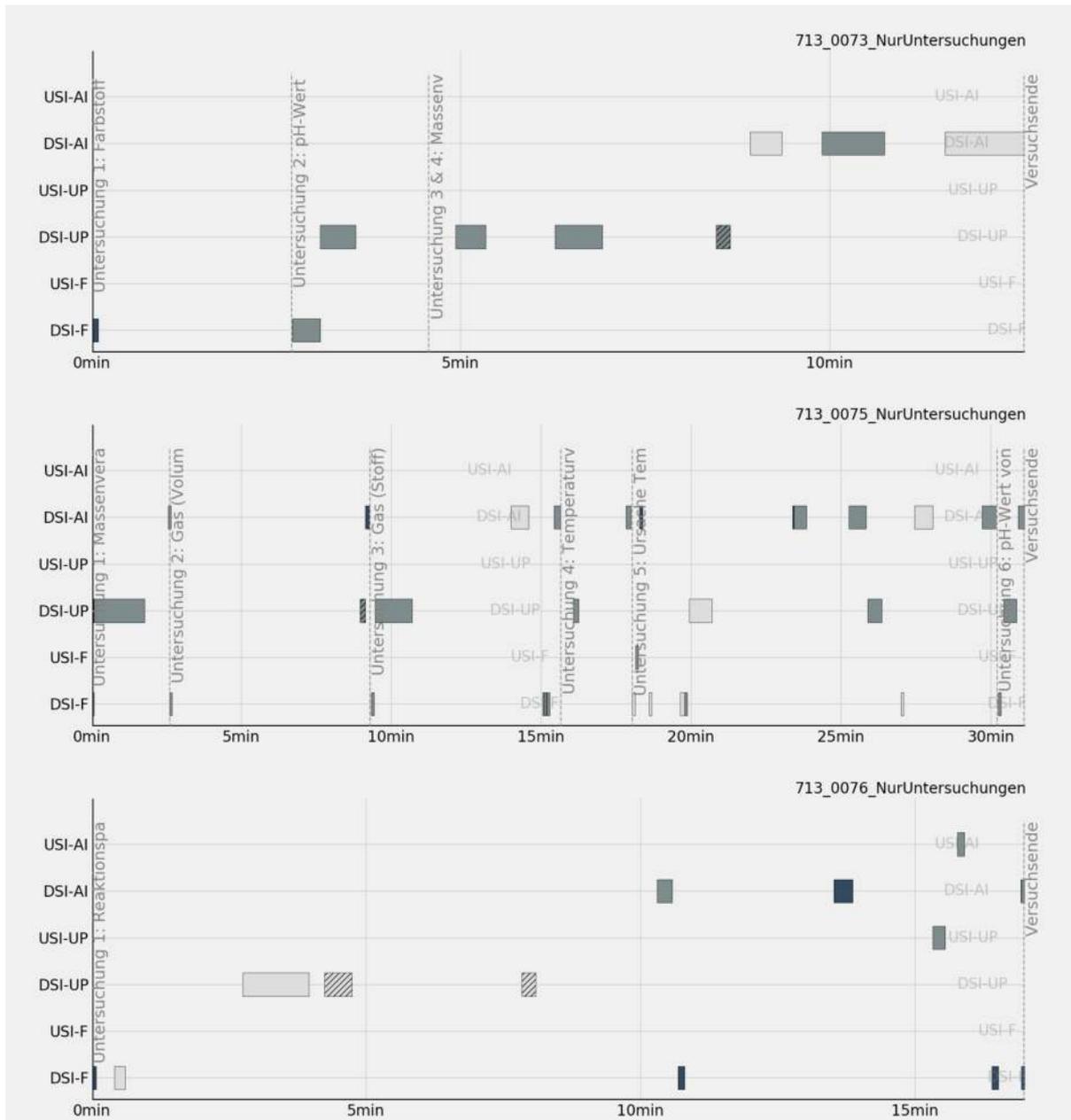
USI-Analyse & Interpretation

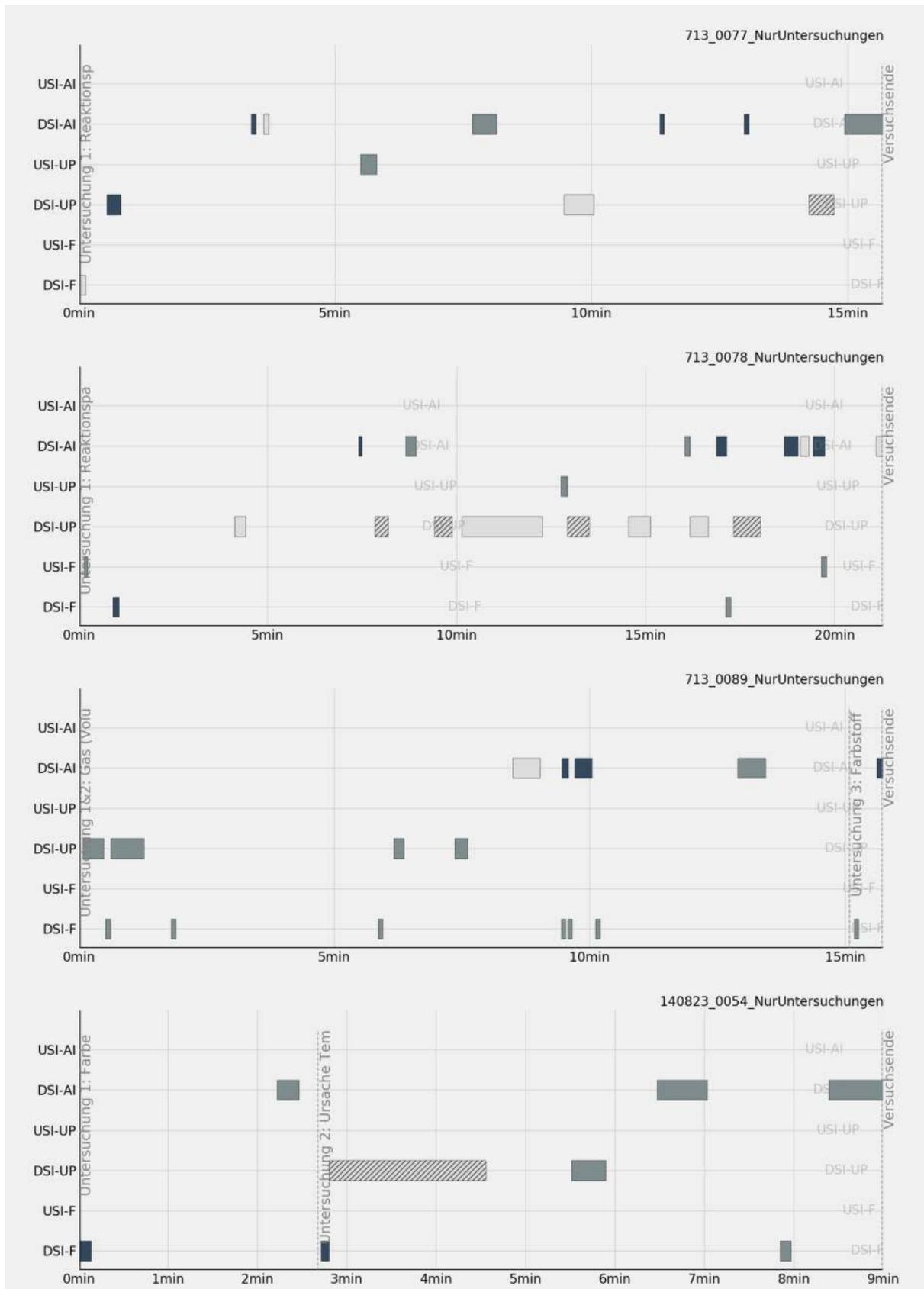
Niv.	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregeln
0	- kein adäquater Hinweis im Text, dass naturwissenschaftliche Analyse & Interpretation von Daten zum Erkenntnisprozess gehört		
1	- Hinweis im Text, dass Interpretation der Daten zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gehört - kein adäquater Hinweis auf Funktionen/Eigenschaften naturwissenschaftlicher Interpretation	Wenn das alles an Auswertung war, lässt es zu wünschen übrig. (<i>Analyse & Interpretation als Teil des Prozesses</i>) (VL_160118_0005) Und [sie sollte] die Daten natürlich noch anders auswerten. (<i>Analyse & Interpretation als Teil des Prozesses</i>) (VL_160122_0064)	- inadäquate Aussagen über naturwissenschaftliche Interpretationen sind solche, die → Daten/ Ergebnis und Interpretation gleichsetzen → gleiche Daten als Bedingung für gleiche Interpretation nennen → Sicherheit und Reichweite als absolut ansehen
2	- Hinweis im Text, dass Interpretieren zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gehört - Hinweis auf Eigenschaften naturwissenschaftlicher Interpretation ¹ → Sicherheit ¹ → Reichweite ¹ → Generalisierbarkeit ¹ → Außersystemischer Bezug ¹ - Hinweis auf Funktionen naturwissenschaftlicher Interpretation ¹ → Interpretation der Daten ¹ → Beantwortung von Fragen/ Hypothesen ¹ → Generierung neuer Fragen/ Hypothesen ¹ - Sonstige Aussagen über naturwissenschaftliche Interpretation ¹ → unterschiedliche Interpretationen auf Grundlage derselben Daten möglich ¹ → mehrere Interpretationen aus denselben Daten möglich ¹	Und dann hat sie Zusammenhänge vielleicht auch erkannt. Dass zum Beispiel der Schnabel mit dem krummen Schnabel Nüsse isst, weil er sie aufknacken kann mit seinem Schnabel vielleicht. Aber das musste sie dann auch durch Messungen, durch Tests auch beweisen. Sonst würde es ihr ja keiner glauben. (<i>Funktion: Interpretation der Daten</i>) (VL_713_0076) Es ist anders als zuvor, es ist ein Prozess hier und diesen Prozess will man dann verstehen lernen. Weil vielleicht erhofft man sich auch aus dem Erkennen, was in dem Prozess vorgeht, vielleicht mehr zu verstehen, nicht nur diese Tablette, sondern ganz viele andere Sachen. (<i>Eigenschaft: Generalisierbarkeit</i>) (VL_713_0076) Ja, weil man halt verschiedene Experimente durchführt und die dann entsprechend dokumentiert und aus den Ergebnissen, die man beobachtet, dann versucht Schlüsse zu ziehen und Ergebnisse auszuwerten (<i>Funktion: Interpretation der Daten</i>). (VL_160131_0065)	- Auch die Benennung als „Ergebnis“ wird gewertet, wenn aus dem Kontext klar wird, dass hier eine Interpretation gemeint ist - Außersystemischer Bezug kann erfolgen zu → Vorwissen, → Literatur, → anderen Untersuchungen

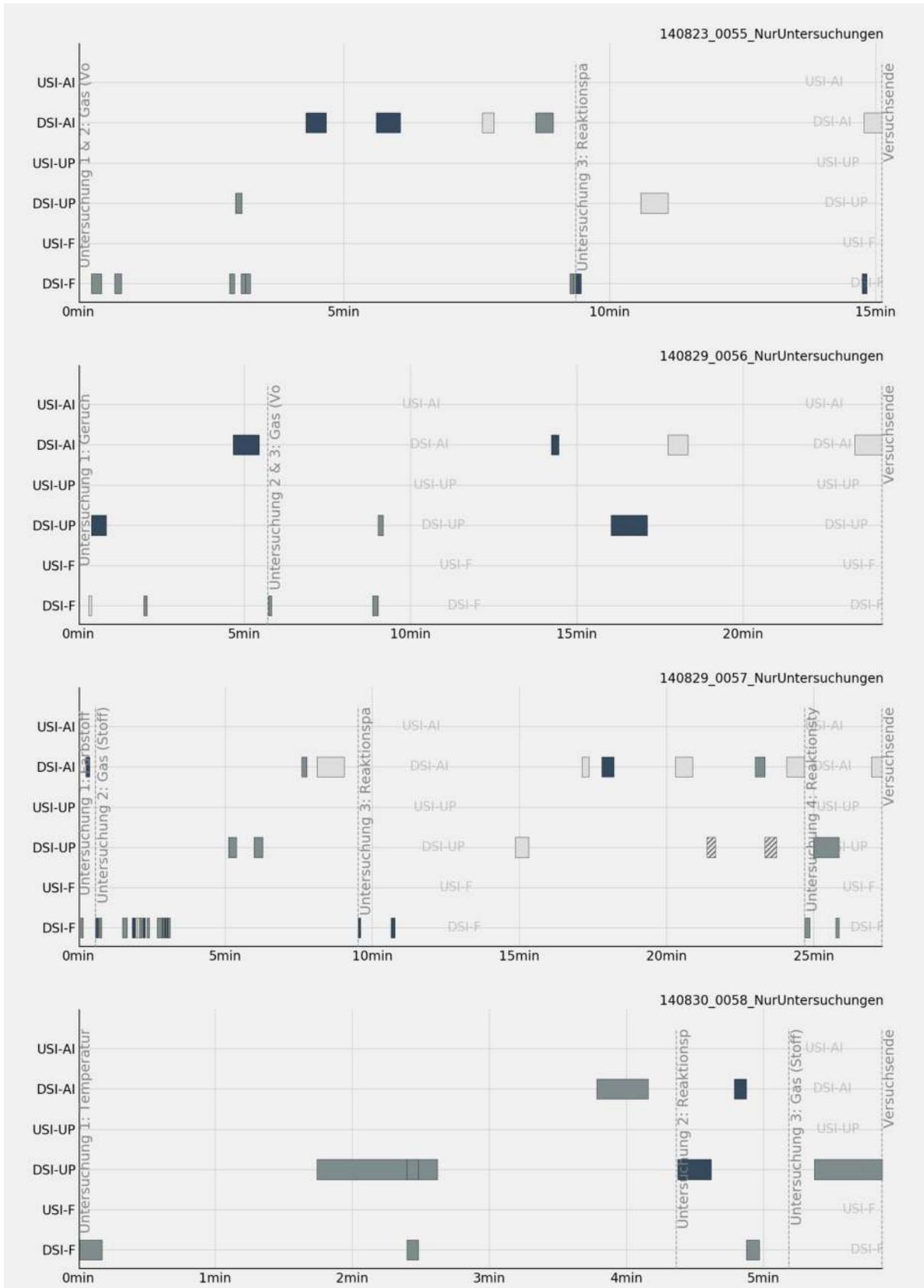
3	<ul style="list-style-type: none"> - Hinweis im Text, dass Interpretation zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gehört - Hinweis auf Eigenschaften naturwissenschaftlicher Interpretation² <ul style="list-style-type: none"> → Sicherheit¹ → Reichweite¹ → Generalisierbarkeit¹ → Außersystemischer Bezug¹ → Evaluation des Modells/ Modellexperimentes¹ - Hinweis auf Funktionen naturwissenschaftlicher Interpretation² <ul style="list-style-type: none"> → Interpretation der Daten¹ → Beantwortung von Frage/ Hypothese¹ → Generierung neuer Fragen/ Hypothesen¹ - Sonstige Aussagen über naturwissenschaftliche Interpretation² <ul style="list-style-type: none"> → unterschiedliche Interpretationen auf Grundlage derselben Daten möglich¹ → mehrere Interpretationen aus denselben Daten möglich¹ 	<p>P1: Sie hat sich Sachen und Gegebenheiten angeguckt, die miteinander verglichen und daraus versucht etwas zu schließen (<i>Funktion: Interpretation der Daten</i>). Und jetzt gibt es noch die Frage, ob man das vielleicht noch genauer machen könnte (<i>Eigenschaft: Sicherheit</i>). (VL_160124_0007)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Auch die Benennung als „Ergebnis“ wird gewertet, wenn aus dem Kontext klar wird, dass hier eine Interpretation gemeint ist - Außersystemischer Bezug kann erfolgen zu <ul style="list-style-type: none"> → Vorwissen, → Literatur, → anderen Untersuchungen - Multiple Interpretationen müssen sich auf die Interpretation ein und desselben Ergebnisses bzw. Beobachtung beziehen
---	--	--	--

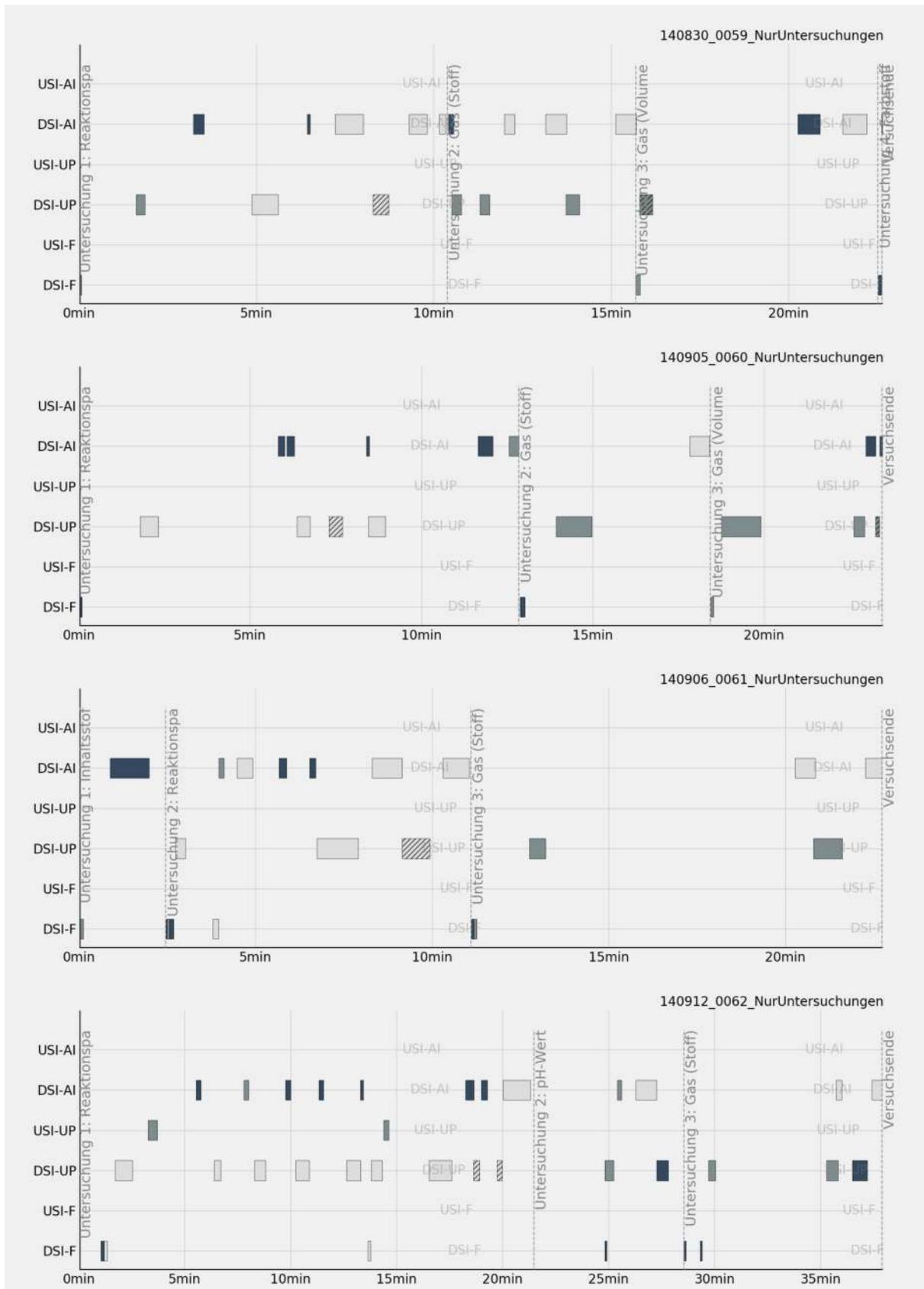
11.6 Anhang VI: Kommunikationsgraphen

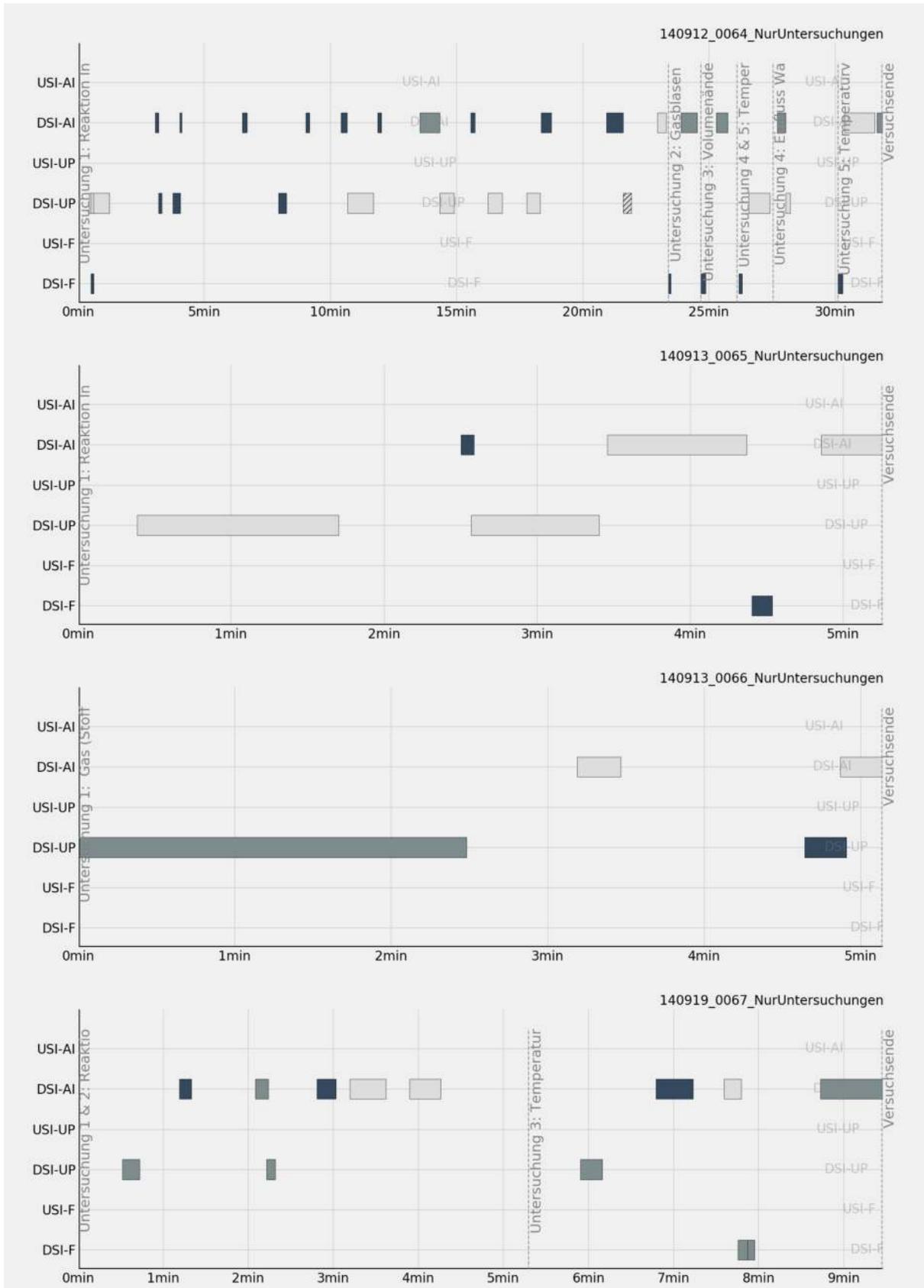
Für den Fall 140912_0063 wurde kein Kommunikationsgraph erstellt. Es handelt sich hierbei um den Fall, in dem die Gruppe nach der Fragenentwicklung die Experimentierstation verlassen hat.

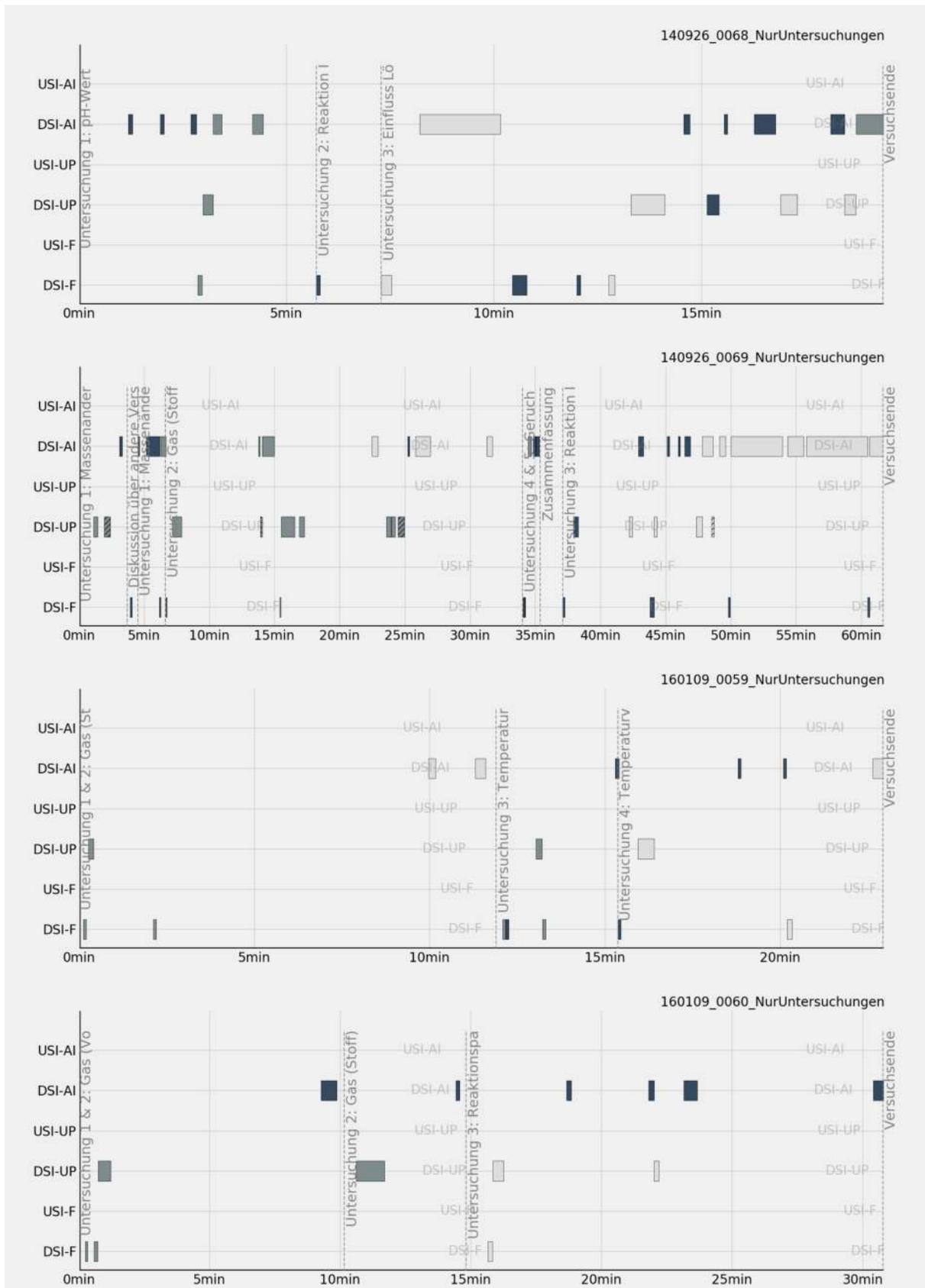


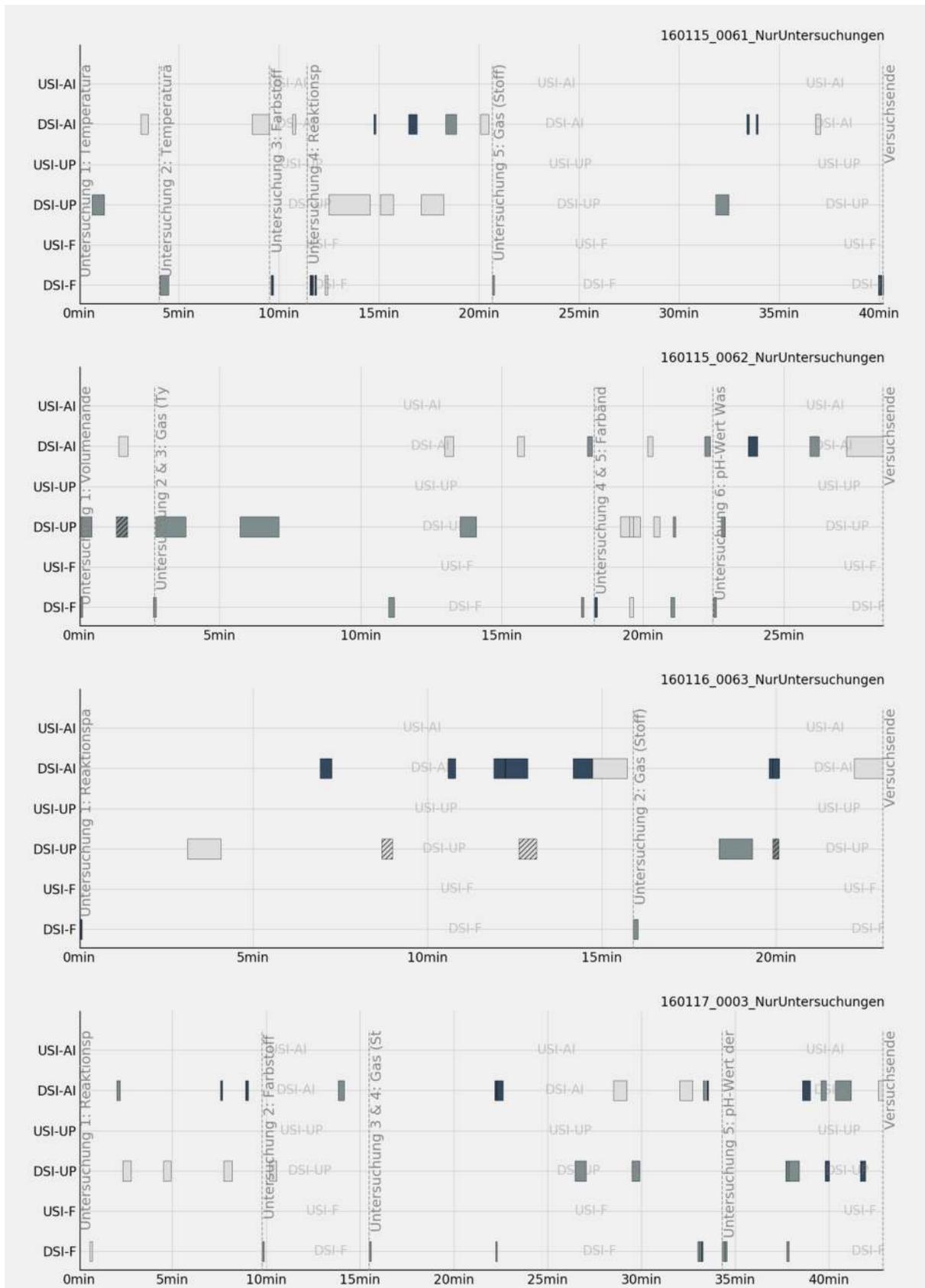




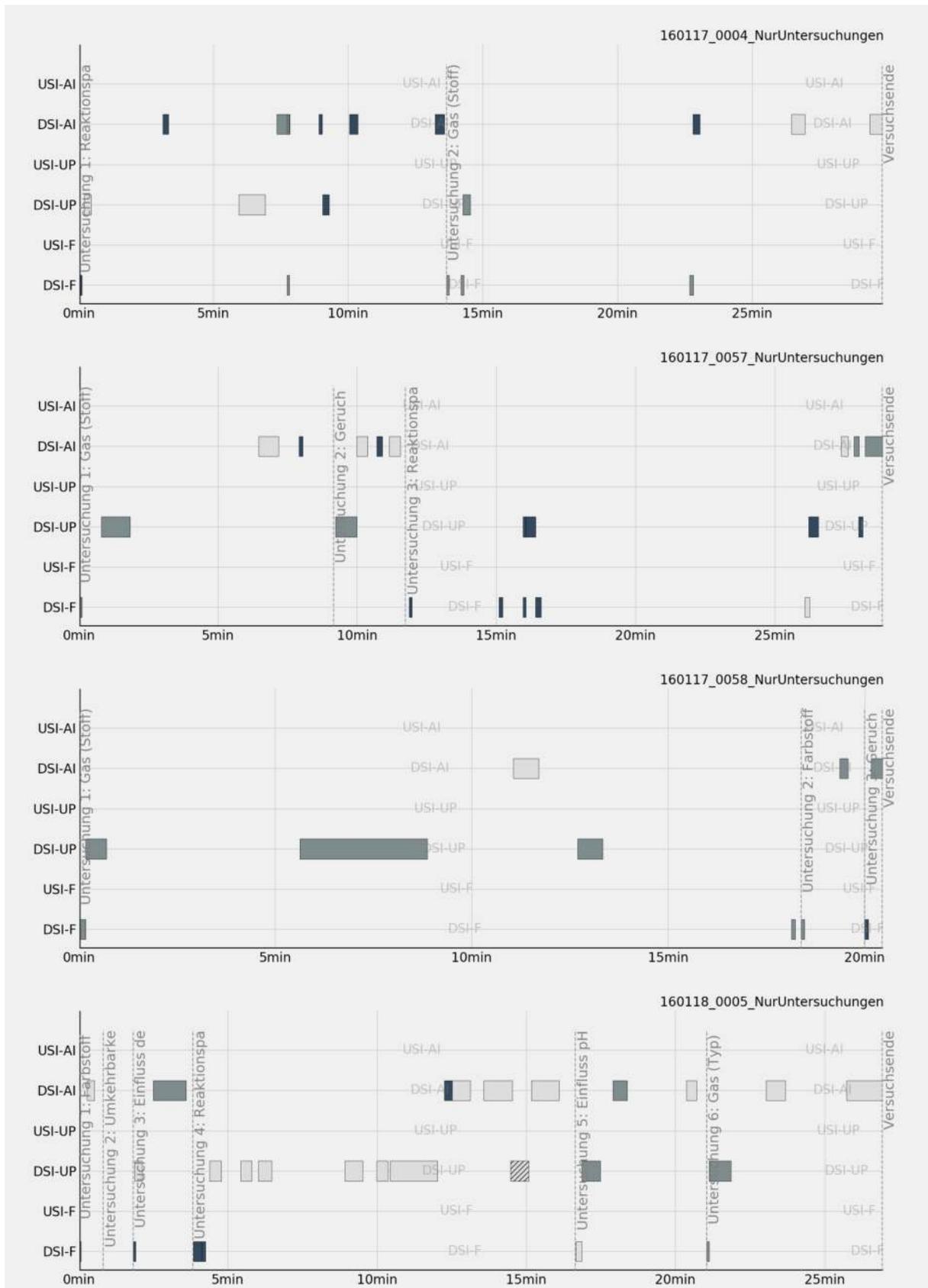


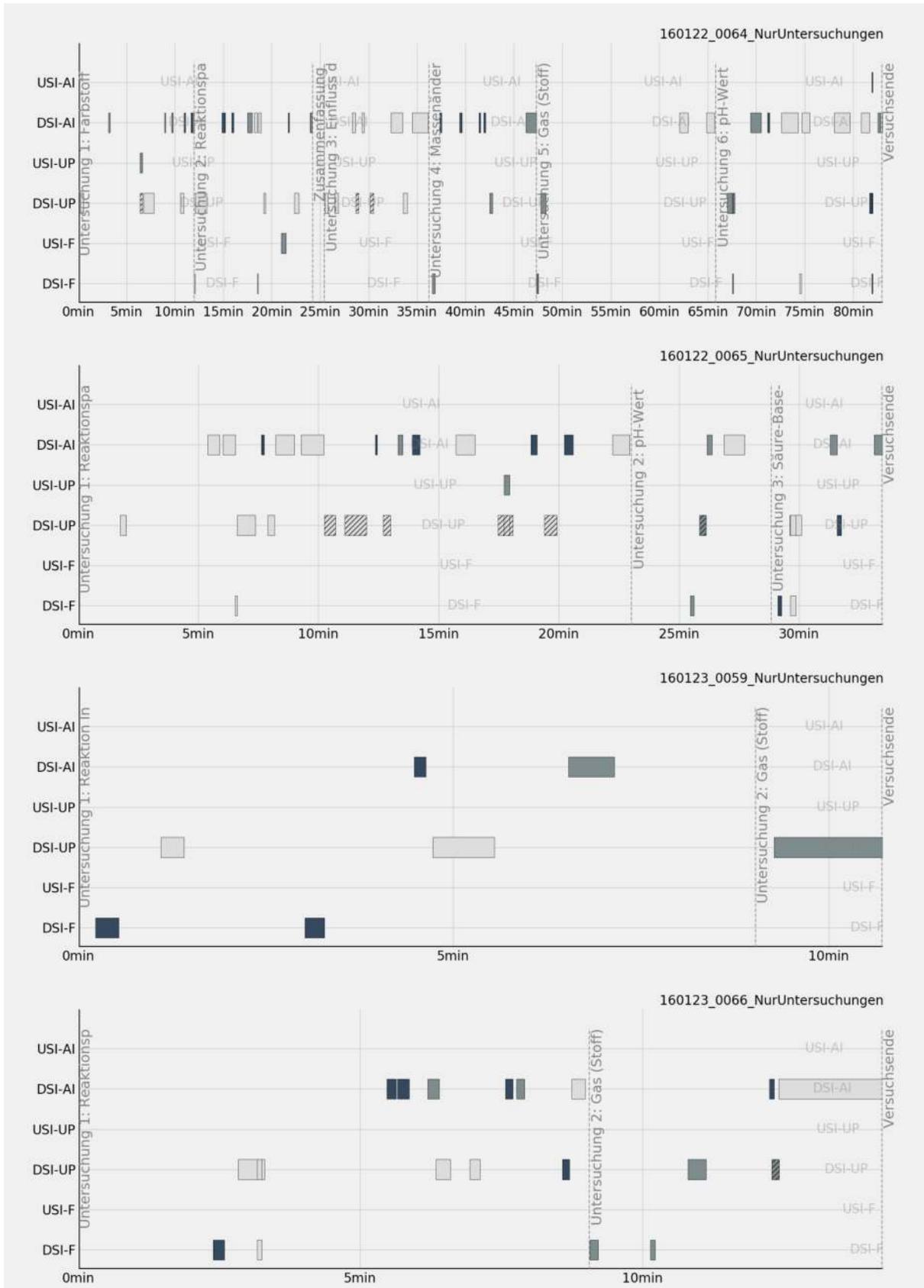


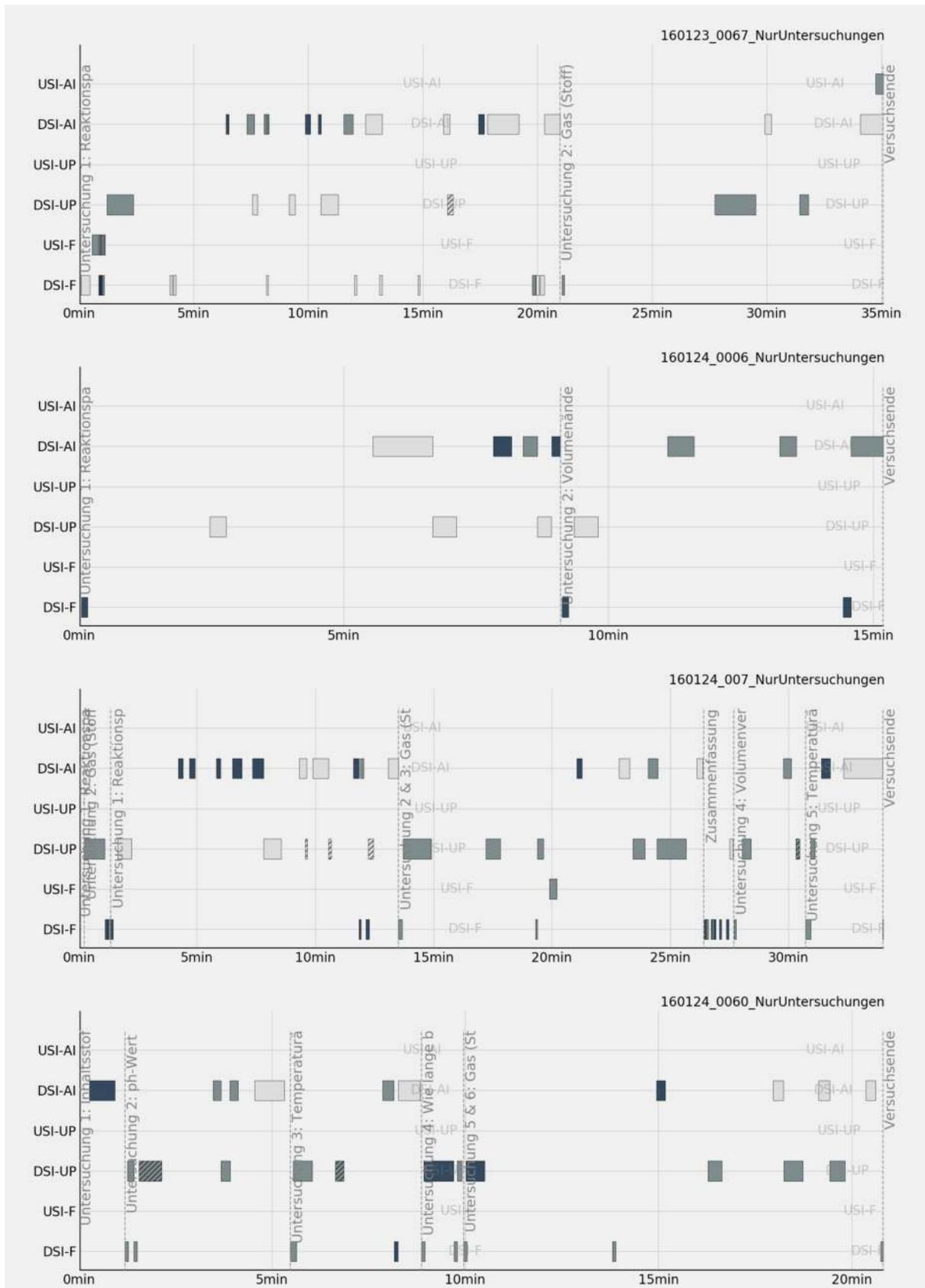


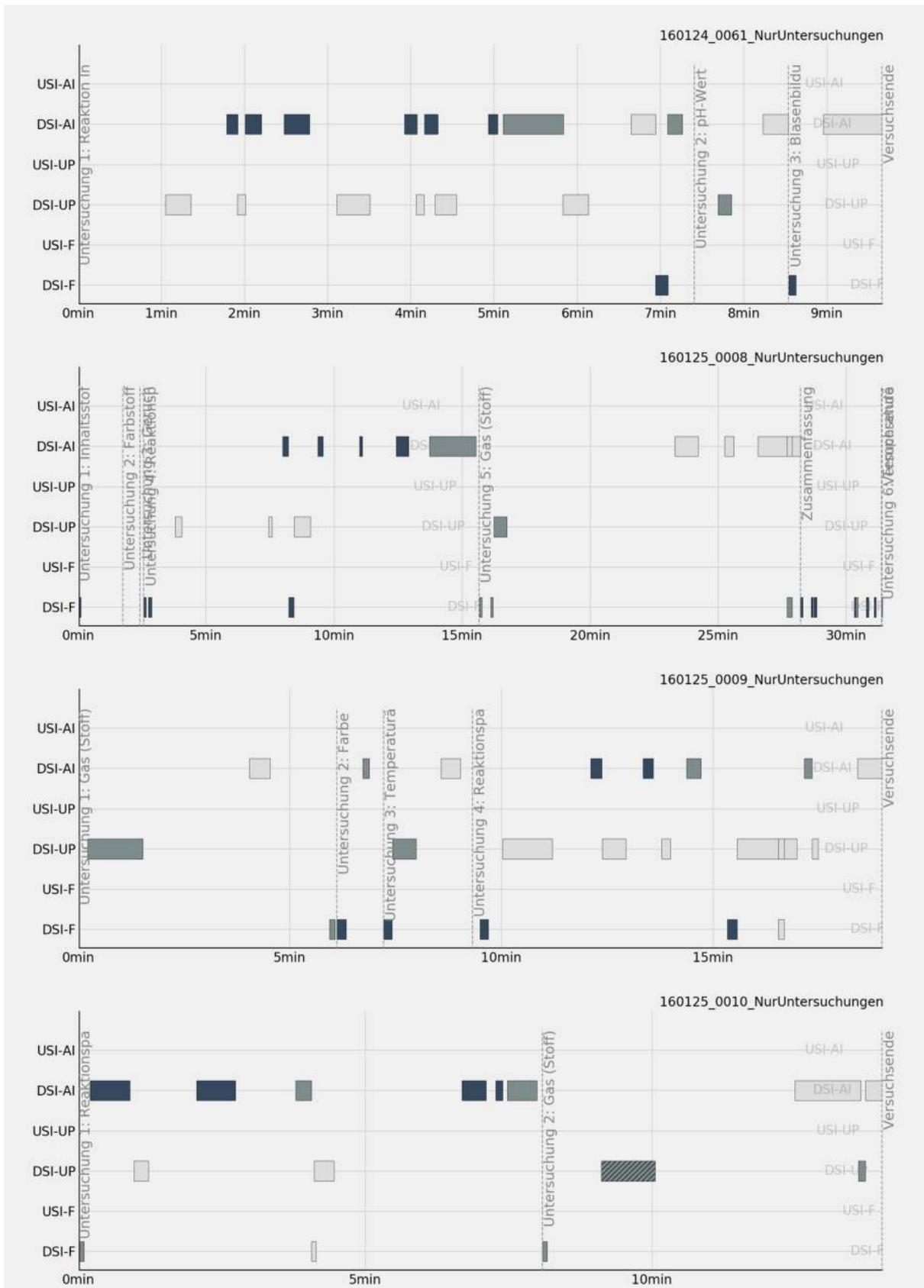


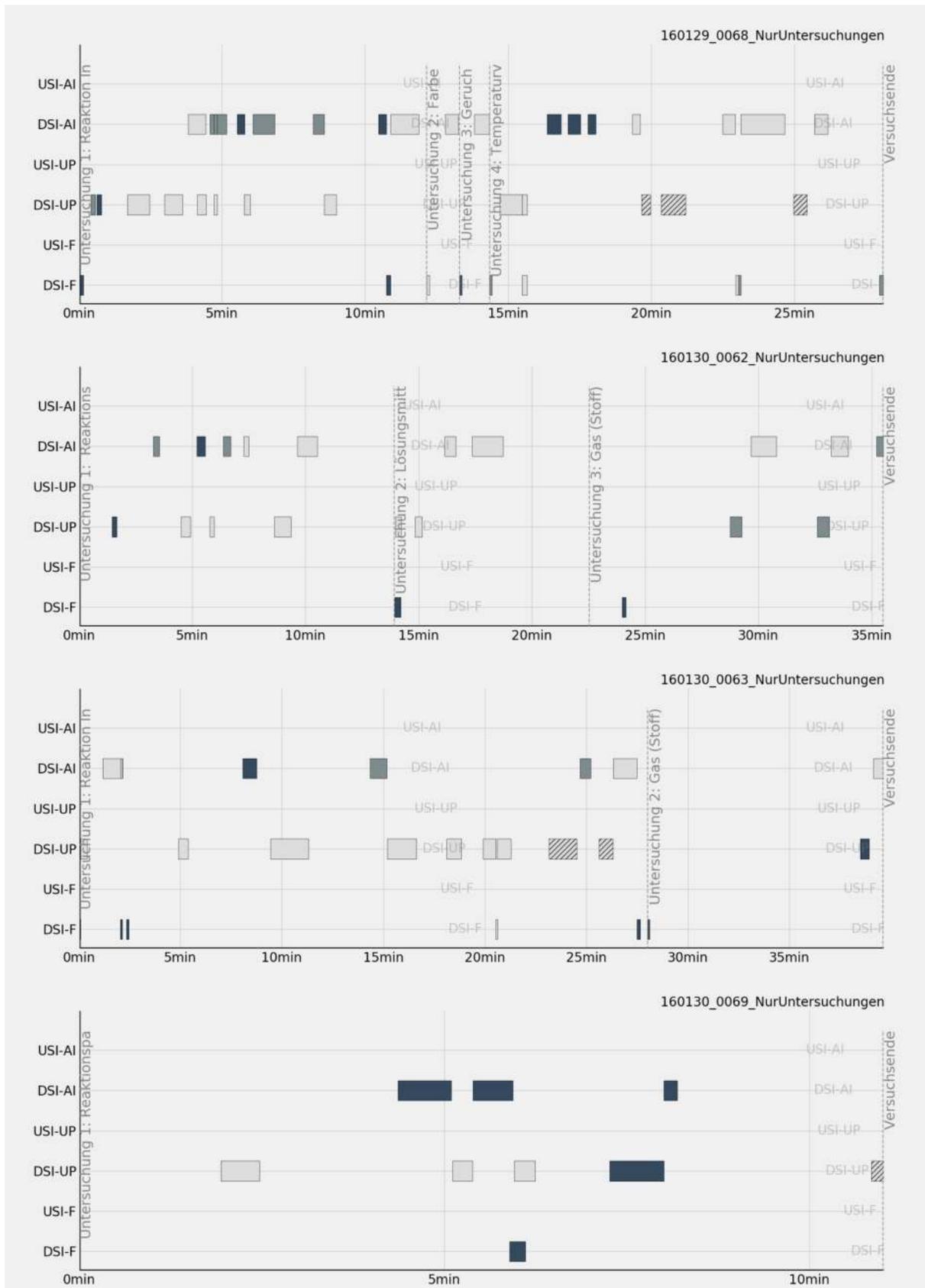
11.6 Anhang VI

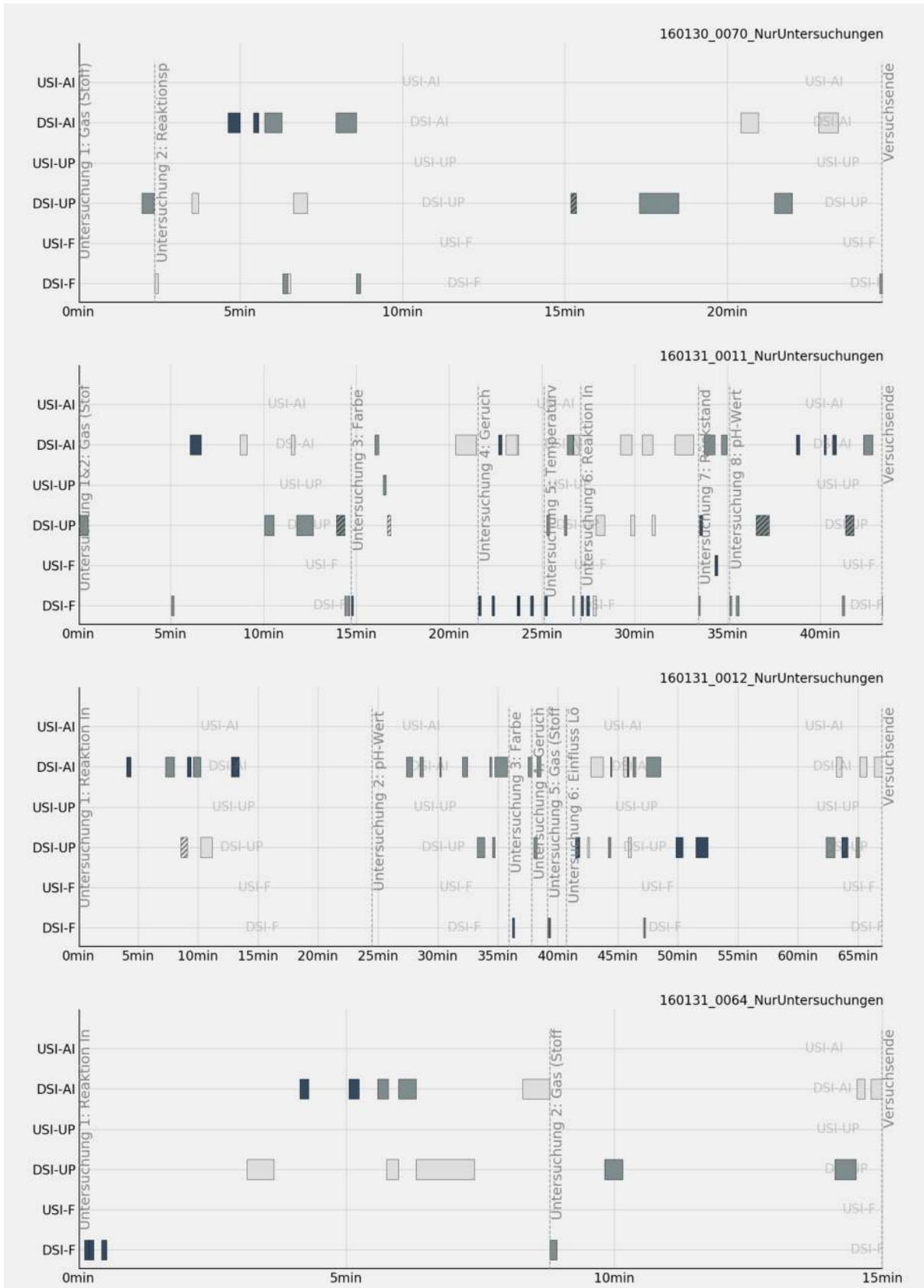


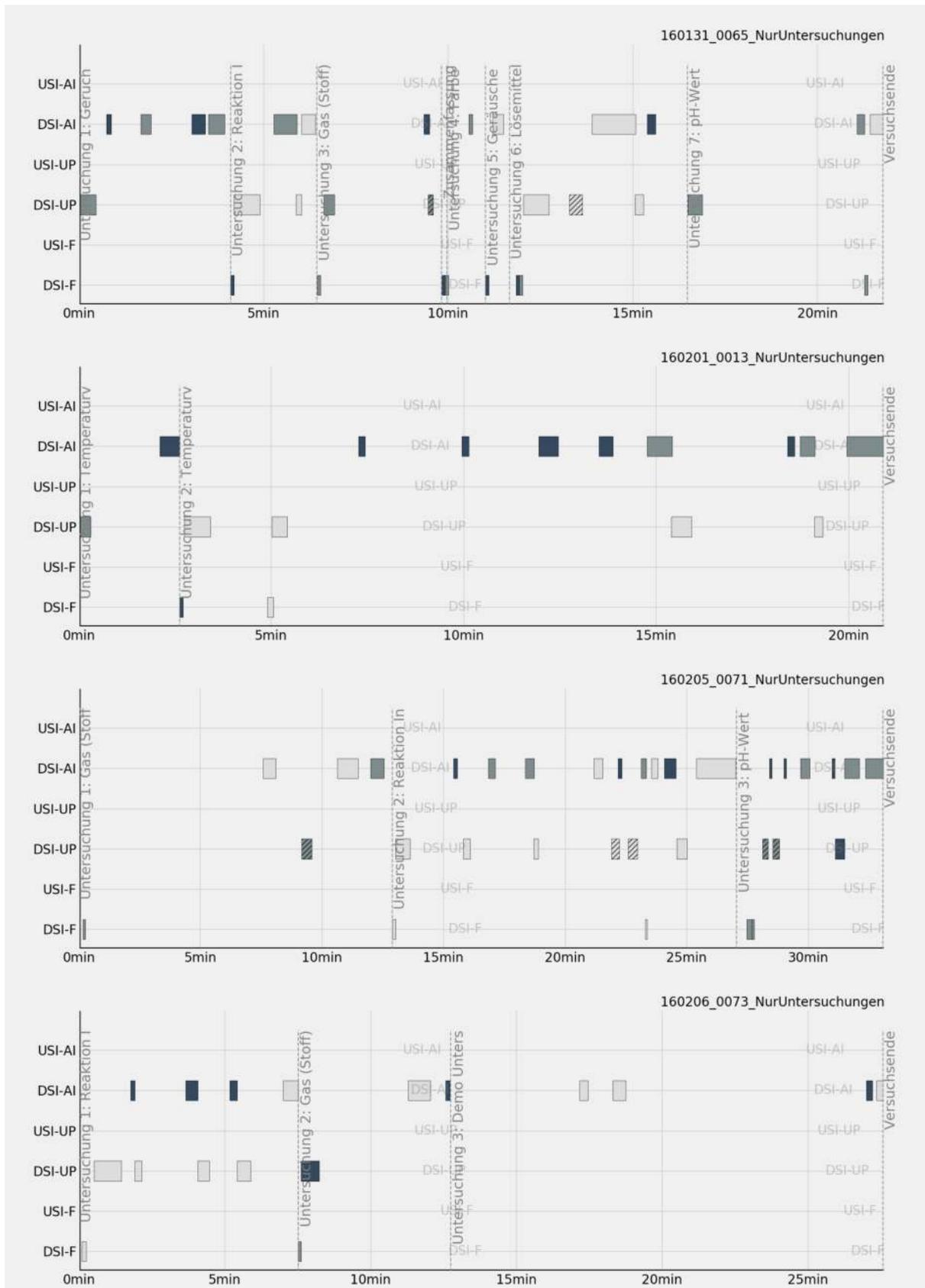


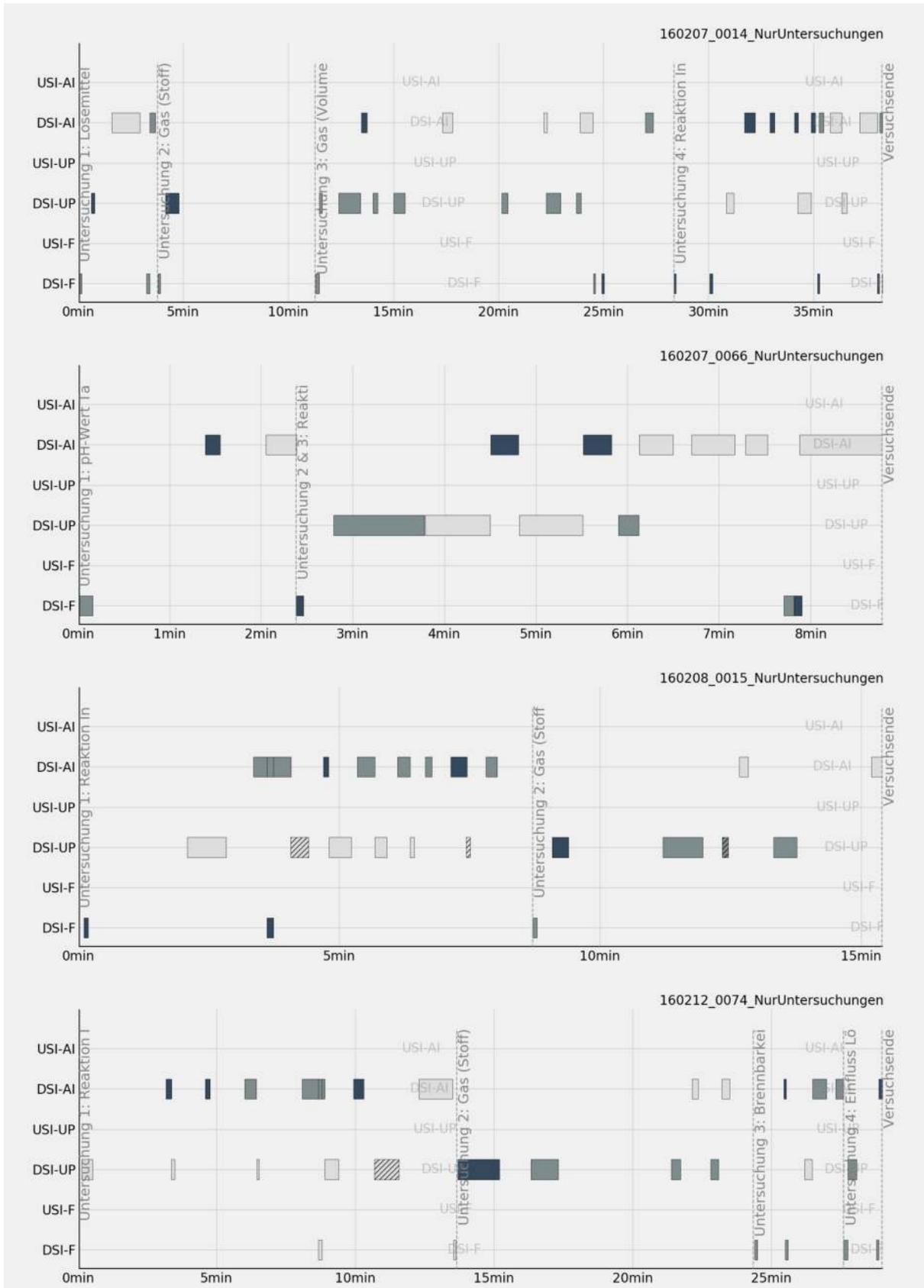




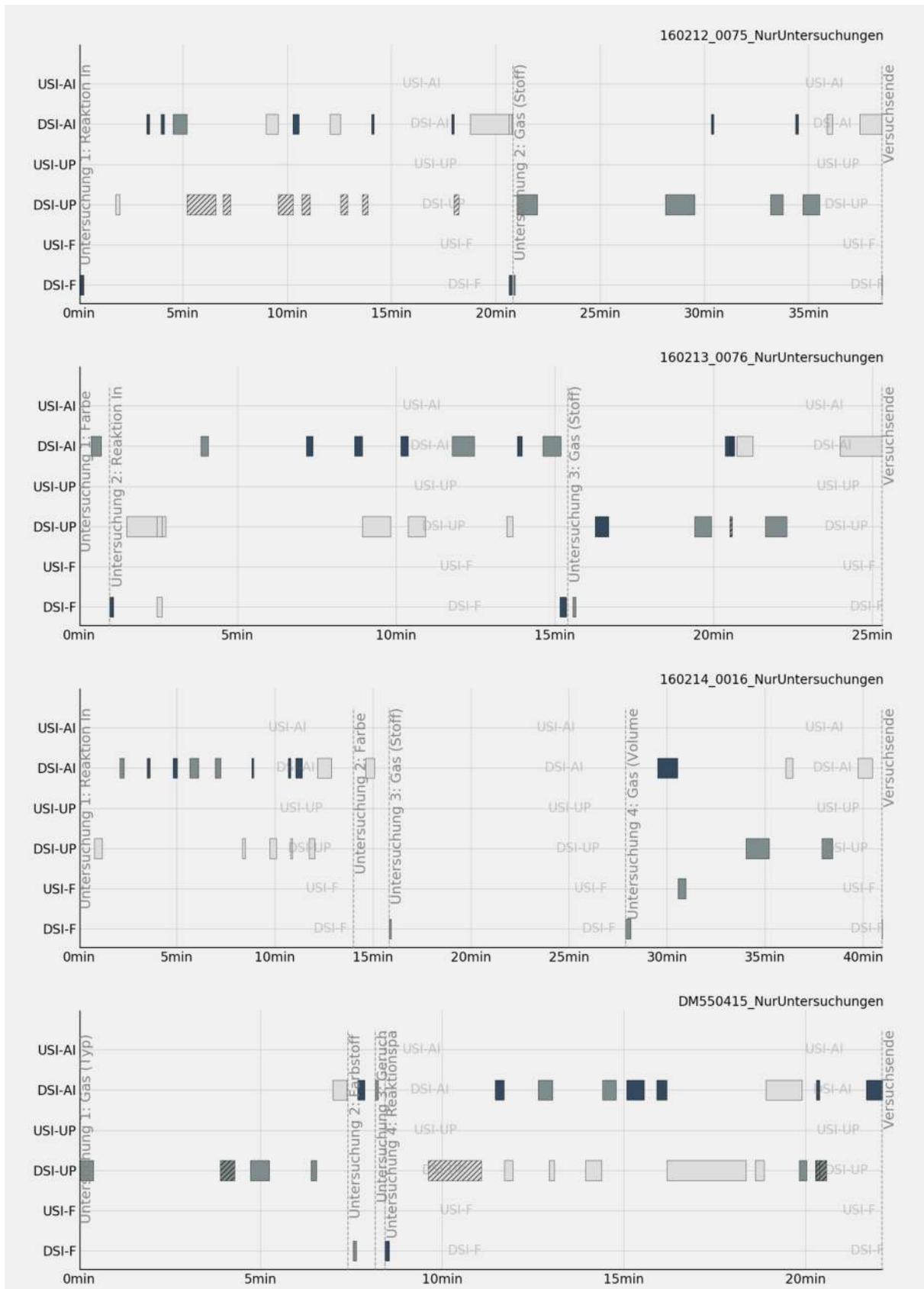








11.6 Anhang VI



11.7 Anhang VII: Ergebnisse der Tests zur Normalverteilung der verhaltensbasierten Daten

Deskriptive Statistik über alle Variablen

Descriptives			
	Statistic	Std. Error	
Fragen_Anzahl	Mean	2,39	0,2
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1,99	
Upper Bound	2,79		
5% Trimmed Mean	2,29		
Median	2		
Variance	2,559		
Std. Deviation	1,6		
Minimum	0		
Maximum	8		
Range	8		
Interquartile Range	2		
Skewness	1,202	0,299	
Kurtosis	1,865	0,59	
Untersuchungen_Anzahl	Mean	3,3	0,207
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	2,88	
Upper Bound	3,71		
5% Trimmed Mean	3,24		
Median	3		
Variance	2,752		
Std. Deviation	1,659		
Minimum	0		
Maximum	8		
Range	8		
Interquartile Range	2		
Skewness	0,628	0,299	
Kurtosis	0,115	0,59	
DauerFrage	Mean	5,1834	0,23818
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	4,7075	
Upper Bound	5,6594		
5% Trimmed Mean	5,0189		
Median	4,64		
Variance	3,631		
Std. Deviation	1,90541		
Minimum	2,65		
Maximum	11		
Range	8,35		

Interquartile Range		2,68		
Skewness		1,184	0,299	
Kurtosis		1,298	0,59	
DauerExpFrei	Mean		26,292	1,8268
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound		22,6415	
Upper Bound		29,9426		
5% Trimmed Mean		25,1529		
Median		24,2		
Variance		213,582		
Std. Deviation		14,61444		
Minimum		0		
Maximum		85,25		
Range		85,25		
Interquartile Range		17,35		
Skewness		1,375	0,299	
Kurtosis		3,793	0,59	
DauerEKWGesprächeGesamt	Mean		562,8281	39,04735
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound		484,7982	
Upper Bound		640,858		
5% Trimmed Mean		540,7076		
Median		487,25		
Variance		97580,494		
Std. Deviation		312,37877		
Minimum		5		
Maximum		1599,7		
Range		1594,7		
Interquartile Range		431,25		
Skewness		1,149	0,299	
Kurtosis		1,696	0,59	
DauerFGesprächeGesamt	Mean		69,3328	5,44524
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound		58,4514	
Upper Bound		80,2143		
5% Trimmed Mean		66,6153		
Median		58,85		
Variance		1897,64		
Std. Deviation		43,56191		
Minimum		5		
Maximum		211,8		
Range		206,8		
Interquartile Range		68,8		
Skewness		0,944	0,299	
Kurtosis		0,672	0,59	
DauerUPGesprächeGesamt	Mean		240,3531	16,84904

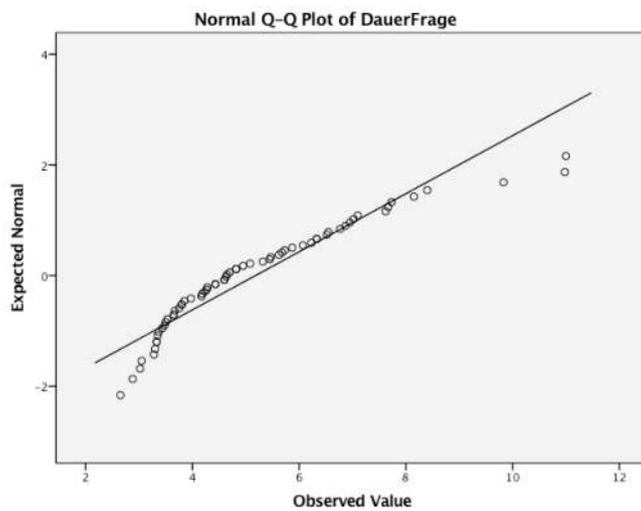
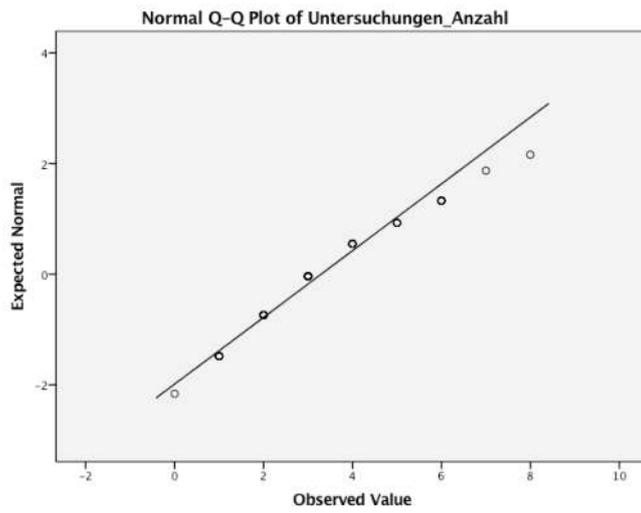
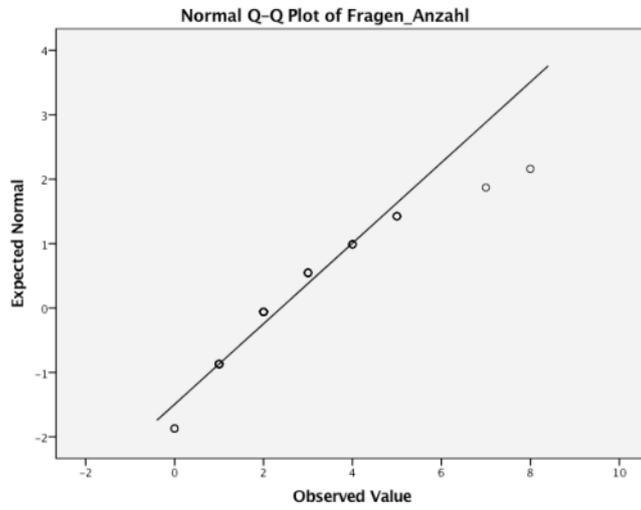
11.7 Anhang VII

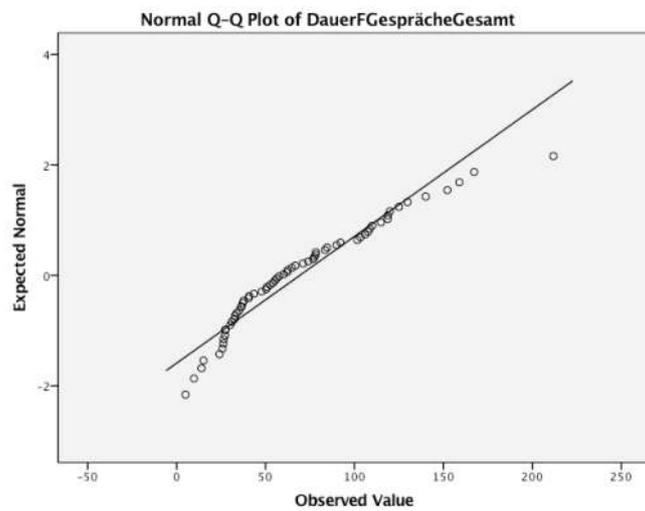
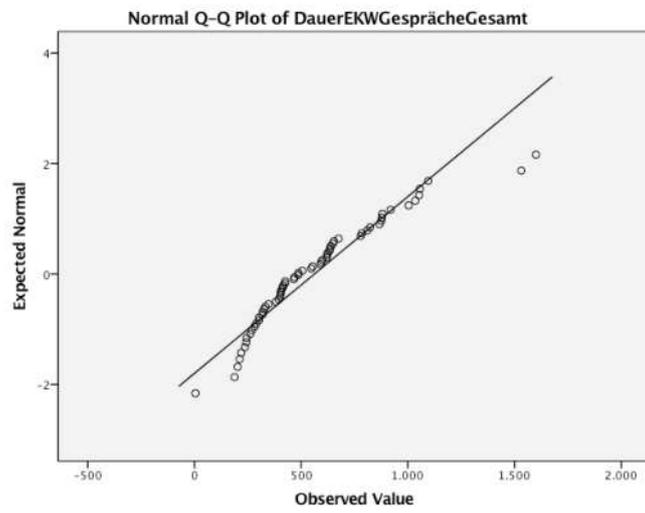
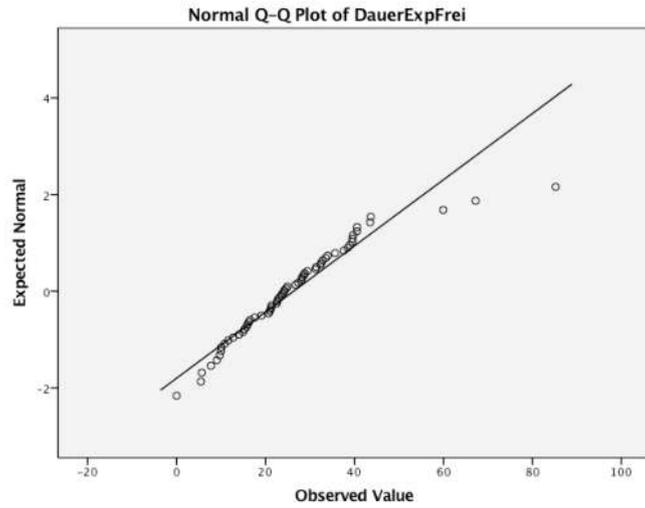
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	206,683	
Upper Bound	274,0232		
5% Trimmed Mean	236,6361		
Median	206,65		
Variance	18168,965		
Std. Deviation	134,7923		
Minimum	0		
Maximum	562,9		
Range	562,9		
Interquartile Range	215,67		
Skewness	0,463	0,299	
Kurtosis	-0,65	0,59	
DauerAIGesprächeGesamt	Mean	253,1422	24,65199
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	203,8791	
Upper Bound	302,4053		
5% Trimmed Mean	230,3003		
Median	216,3		
Variance	38894,122		
Std. Deviation	197,21593		
Minimum	0		
Maximum	1144,9		
Range	1144,9		
Interquartile Range	175,65		
Skewness	2,368	0,299	
Kurtosis	8,038	0,59	

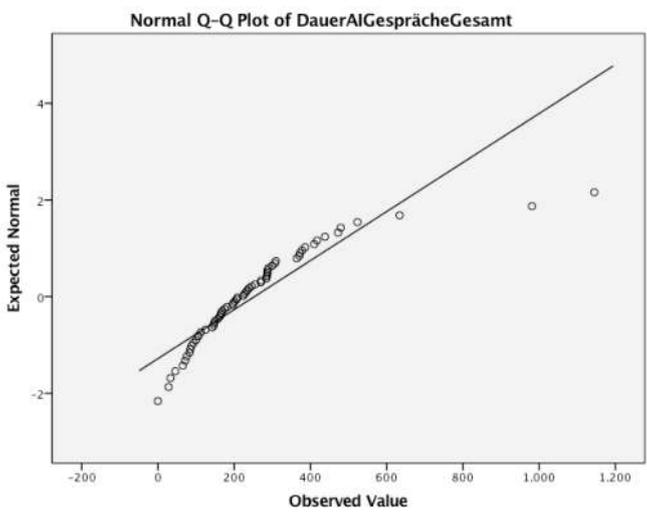
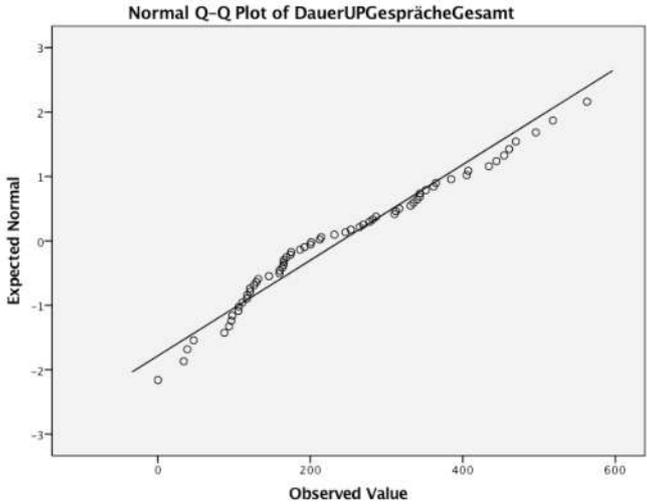
Kolmogorov-Smirnov-Test über alle Variablen

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a	Shapiro-Wilk				
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Fragen_Anzahl	,221	64	,000	,883	64	,000
Untersuchungen_Anzahl	,196	64	,000	,936	64	,002
DauerFrage	,138	64	,004	,898	64	,000
DauerExpFrei	,089	64	,200 [*]	,913	64	,000
DauerEKWGesprächeGesamt	,123	64	,017	,918	64	,000
DauerFGesprächeGesamt	,108	64	,060	,930	64	,001
DauerUPGesprächeGesamt	,124	64	,016	,960	64	,036
DauerAIGesprächeGesamt	,169	64	,000	,798	64	,000
*. This is a lower bound of the true significance.						
a. Lilliefors Significance Correction						

Q-Q-Diagramme







11.8 Anhang VIII: Ergebnisse der Tests zur Signifikanz von Zusammenhängen im Rahmen der Forschungsfrage 4

Gruppentyp

Grouptype_r x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	,467 ^a	2	,792	,850		
Likelihood Ratio	,468	2	,791	,850		
Fisher's Exact Test	,511			,850		
Linear-by-Linear Association	,077 ^b	1	,781	,890	,445	,106
N of Valid Cases	64					
a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 6,00.						
b. The standardized statistic is -,278.						

Grouptype_r x EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	2,671 ^a	2	,263	,284		
Likelihood Ratio	2,702	2	,259	,284		
Fisher's Exact Test	2,641			,284		
Linear-by-Linear Association	1,933 ^b	1	,164	,211	,105	,043
N of Valid Cases	64					
a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5,00.						
b. The standardized statistic is -1,390.						

Betreuer

Instructor_r x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	5,842 ^a	2	,054	,055		
Likelihood Ratio	6,048	2	,049	,052		
Fisher's Exact Test	5,802			,052		
Linear-by-Linear Association	2,202 ^b	1	,138	,150	,090	,039
N of Valid Cases	64					
a. 1 cells (16,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4,31.						
b. The standardized statistic is 1,484.						

Instructor_r x EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	1,976 ^a	2	,372	,375		
Likelihood Ratio	2,001	2	,368	,375		
Fisher's Exact Test	1,997			,375		
Linear-by-Linear Association	,740 ^b	1	,390	,470	,239	,081
N of Valid Cases	64					
a. 1 cells (16,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,59.						
b. The standardized statistic is ,860.						

Weitere Bildung

FurtherEd_r x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	,363 ^a	2	,834	,930		
Likelihood Ratio	,364	2	,834	,930		
Fisher's Exact Test	,399			,930		
Linear-by-Linear Association	,348 ^b	1	,555	,639	,335	,106
N of Valid Cases	64					
a. 1 cells (16,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,19.						
b. The standardized statistic is ,590.						

FurtherEd_r x EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	,342 ^a	2	,843	,929		
Likelihood Ratio	,353	2	,838	,868		
Fisher's Exact Test	,354			,929		
Linear-by-Linear Association	,051 ^b	1	,821	,876	,469	,121
N of Valid Cases	64					
a. 1 cells (16,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,66.						
b. The standardized statistic is -,226.						

Experimentiererfahrung

Experimentiererfahrung_r x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	8,352 ^a	6	,213	,215		
Likelihood Ratio	9,145	6	,166	,229		
Fisher's Exact Test	8,695			,158		
Linear-by-Linear Association	,070 ^b	1	,792	,834	,423	,054
N of Valid Cases	64					
a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,75.						
b. The standardized statistic is -,264.						

Experimentiererfahrung_r x EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	10,412 ^a	6	,108	,103		
Likelihood Ratio	10,144	6	,119	,164		
Fisher's Exact Test	9,526			,111		
Linear-by-Linear Association	,004 ^b	1	,947	1,000	,502	,056
N of Valid Cases	64					
a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,63.						
b. The standardized statistic is ,066.						

DSIF_r

DSIF_r x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	3,221 ^a	4	,522	,541		
Likelihood Ratio	3,244	4	,518	,544		
Fisher's Exact Test	3,288			,523		
Linear-by-Linear Association	1,119 ^b	1	,290	,317	,170	,046
N of Valid Cases	64					
a. 3 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,06.						
b. The standardized statistic is -1,058.						

DSIF_r x EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	,952 ^a	4	,917	,921		
Likelihood Ratio	,983	4	,912	,921		
Fisher's Exact Test	,944			,942		
Linear-by-Linear Association	,057 ^b	1	,811	,842	,446	,078
N of Valid Cases	64					
a. 3 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,72.						
b. The standardized statistic is -,239.						

DSIUP_r

DSIUP_r x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	1,122 ^a	4	,891	,904		
Likelihood Ratio	1,113	4	,892	,918		
Fisher's Exact Test	1,481			,873		
Linear-by-Linear Association	,063 ^b	1	,802	,826	,445	,085
N of Valid Cases	64					
a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,25.						
b. The standardized statistic is -,250.						

DSIUP_r x EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	5,824 ^a	4	,213	,220		
Likelihood Ratio	7,188	4	,126	,168		
Fisher's Exact Test	5,302			,247		
Linear-by-Linear Association	,513 ^b	1	,474	,508	,274	,069
N of Valid Cases	64					
a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,88.						
b. The standardized statistic is -,716.						

DSIAI_r

DSIAI_r x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	2,575 ^a	4	,631	,641		
Likelihood Ratio	2,730	4	,604	,636		
Fisher's Exact Test	2,729			,621		
Linear-by-Linear Association	1,762 ^b	1	,184	,207	,107	,028
N of Valid Cases	64					
a. 2 cells (22,2%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,00.						
b. The standardized statistic is 1,327.						

DSIAI_r x EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	4,993 ^a	4	,288	,300		
Likelihood Ratio	5,377	4	,251	,290		
Fisher's Exact Test	5,147			,277		
Linear-by-Linear Association	2,450 ^b	1	,118	,130	,069	,020
N of Valid Cases	64					
a. 3 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,50.						
b. The standardized statistic is 1,565.						

Post_F_Schwierigkeit

Post_F_Schwierigkeit x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	5,393 ^a	4	,249	,262		
Likelihood Ratio	5,390	4	,250	,281		
Fisher's Exact Test	5,203			,266		
Linear-by-Linear Association	2,108 ^b	1	,147	,166	,086	,024
N of Valid Cases	64					
a. 2 cells (22,2%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,00.						
b. The standardized statistic is 1,452.						

Post_F_Schwierigkeit x EKW_Güte

Crosstab						
	EKW_Güte_r	Total				
	unvollständig	vollständig	vollständig mit Quali			
Post_F_Schwierigkeit	schwierig	Count	10 _a	3 _a	3 _a	16
		Expected Count	8,5	2,5	5,0	16,0
		% within Post_F_Schwierigkeit	62,5%	18,8%	18,8%	100,0%
		% within EKW_Güte_r	29,4%	30,0%	15,0%	25,0%
		% of Total	15,6%	4,7%	4,7%	25,0%
		Standardized Residual	,5	,3	-,9	
	keine Aussage	Count	15 _a	1 _a	5 _a	21
		Expected Count	11,2	3,3	6,6	21,0
		% within Post_F_Schwierigkeit	71,4%	4,8%	23,8%	100,0%
		% within EKW_Güte_r	44,1%	10,0%	25,0%	32,8%
		% of Total	23,4%	1,6%	7,8%	32,8%
		Standardized Residual	1,2	-1,3	-,6	
	einfach	Count	9 _a	6 _{a,b}	12 _b	27
		Expected Count	14,3	4,2	8,4	27,0
		% within Post_F_Schwierigkeit	33,3%	22,2%	44,4%	100,0%
		% within EKW_Güte_r	26,5%	60,0%	60,0%	42,2%
		% of Total	14,1%	9,4%	18,8%	42,2%
		Standardized Residual	-1,4	,9	1,2	
Total	Count	34	10	20	64	
	Expected Count	34,0	10,0	20,0	64,0	
	% within Post_F_Schwierigkeit	53,1%	15,6%	31,3%	100,0%	
	% within EKW_Güte_r	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	% of Total	53,1%	15,6%	31,3%	100,0%	

Each subscript letter denotes a subset of EKW_Güte_r categories whose column proportions do not differ significantly from each other at the ,05 level.

11.8 Anhang VIII

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	8,694 ^a	4	,069	,068		
Likelihood Ratio	9,355	4	,053	,074		
Fisher's Exact Test	8,606			,063		
Linear-by-Linear Association	4,631 ^b	1	,031	,037	,019	,007
N of Valid Cases	64					
a. 3 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,50.						
b. The standardized statistic is 2,152.						

Post_UP_Schwierigkeit

Post_UP_Schwierigkeit x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	4,121 ^a	4	,390	,407		
Likelihood Ratio	4,690	4	,321	,383		
Fisher's Exact Test	4,211			,383		
Linear-by-Linear Association	,435 ^b	1	,510	,531	,291	,068
N of Valid Cases	64					
a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,88.						
b. The standardized statistic is ,660.						

Post_UP_Schwierigkeit x EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	8,623 ^a	4	,071	,069		
Likelihood Ratio	10,131	4	,038	,057		
Fisher's Exact Test	7,690			,090		
Linear-by-Linear Association	6,388 ^b	1	,011	,014	,007	,003
N of Valid Cases	64					
a. 3 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,56.						
b. The standardized statistic is 2,527.						

Post_AI_Schwierigkeit

Post_AI_Schwierigkeit x EKW_Struktur

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	3,898 ^a	4	,420	,440		
Likelihood Ratio	4,158	4	,385	,453		
Fisher's Exact Test	4,043			,391		
Linear-by-Linear Association	1,791 ^b	1	,181	,201	,110	,035
N of Valid Cases	64					
a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,50.						
b. The standardized statistic is -1,338.						

Post_AI_Schwierigkeit X EKW_Güte_r

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Pro- bability
Pearson Chi-Square	6,819 ^a	4	,146	,143		
Likelihood Ratio	6,901	4	,141	,180		
Fisher's Exact Test	6,854			,125		
Linear-by-Linear Association	2,290 ^b	1	,130	,136	,080	,028
N of Valid Cases	64					
a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,25.						
b. The standardized statistic is 1,513.						

Bisher erschienene Bände der Reihe „*Studien zum Physik- und Chemielernen*“

ISSN 1614-8967 (vormals *Studien zum Physiklernen* ISSN 1435-5280)

- 1 Helmut Fischler, Jochen Peuckert (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie
ISBN 978-3-89722-256-4 40.50 EUR
- 2 Anja Schoster: Bedeutungsentwicklungsprozesse beim Lösen algorithmischer Physikaufgaben. *Eine Fallstudie zu Lernprozessen von Schülern im Physiknachhilfeunterricht während der Bearbeitung algorithmischer Physikaufgaben*
ISBN 978-3-89722-045-4 40.50 EUR
- 3 Claudia von Aufschnaiter: Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-89722-143-7 40.50 EUR
- 4 Susanne Haerberlen: Lernprozesse im Unterricht mit Wasserstromkreisen. *Eine Fallstudie in der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-89722-172-7 40.50 EUR
- 5 Kerstin Haller: Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. *Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-242-7 40.50 EUR
- 6 Michaela Horstendahl: Motivationale Orientierungen im Physikunterricht
ISBN 978-3-89722-227-4 50.00 EUR
- 7 Stefan Deylitz: Lernergebnisse in der Quanten-Atomphysik. *Evaluation des Bremer Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-89722-291-5 40.50 EUR
- 8 Lorenz Hucke: Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums
ISBN 978-3-89722-316-5 50.00 EUR
- 9 Heike Theyßen: Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. *Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*
ISBN 978-3-89722-334-9 40.50 EUR
- 10 Annette Schick: Der Einfluß von Interesse und anderen selbstbezogenen Kognitionen auf Handlungen im Physikunterricht. *Fallstudien zu Interessenhandlungen im Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-380-6 40.50 EUR
- 11 Roland Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. *Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-445-2 40.50 EUR

- 12 Johannes Werner: Vom Licht zum Atom. *Ein Unterrichtskonzept zur Quantenphysik unter Nutzung des Zeigermodells*
ISBN 978-3-89722-471-1 40.50 EUR
- 13 Florian Sander: Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. *Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*
ISBN 978-3-89722-482-7 40.50 EUR
- 14 Jörn Gerdes: Der Begriff der physikalischen Kompetenz. *Zur Validierung eines Konstruktes*
ISBN 978-3-89722-510-7 40.50 EUR
- 15 Malte Meyer-Arndt: Interaktionen im Physikpraktikum zwischen Studierenden und Betreuern. *Feldstudie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-541-1 40.50 EUR
- 16 Dietmar Höttecke: Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. *Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*
ISBN 978-3-89722-607-4 40.50 EUR
- 17 Gil Gabriel Mavanga: Entwicklung und Evaluation eines experimentell- und phänomenorientierten Optikcurriculums. *Untersuchung zu Schülervorstellungen in der Sekundarstufe I in Mosambik und Deutschland*
ISBN 978-3-89722-721-7 40.50 EUR
- 18 Meike Ute Zastrow: Interaktive Experimentieranleitungen. *Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-802-3 40.50 EUR
- 19 Gunnar Friege: Wissen und Problemlösen. *Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*
ISBN 978-3-89722-809-2 40.50 EUR
- 20 Erich Starauschek: Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie*
ISBN 978-3-89722-823-8 40.50 EUR
- 21 Roland Paatz: Charakteristika analogiebasierten Denkens. *Vergleich von Lernprozessen in Basis- und Zielbereich*
ISBN 978-3-89722-944-0 40.50 EUR
- 22 Silke Mikelskis-Seifert: Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. *Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*
ISBN 978-3-8325-0013-9 40.50 EUR
- 23 Brunhild Landwehr: Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. *Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*
ISBN 978-3-8325-0044-3 40.50 EUR

- 24 Lydia Murmann: Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. *Eine phänomenografische Untersuchung in der Primarstufe*
ISBN 978-3-8325-0060-3 40.50 EUR
- 25 Thorsten Bell: Strukturprinzipien der Selbstregulation. *Komplexe Systeme, Elementarisierungen und Lernprozessstudien für den Unterricht der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-0134-1 40.50 EUR
- 26 Rainer Müller: Quantenphysik in der Schule
ISBN 978-3-8325-0186-0 40.50 EUR
- 27 Jutta Roth: Bedeutungsentwicklungsprozesse von Physikerinnen und Physikern in den Dimensionen Komplexität, Zeit und Inhalt
ISBN 978-3-8325-0183-9 40.50 EUR
- 28 Andreas Saniter: Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik
ISBN 978-3-8325-0292-8 40.50 EUR
- 29 Thomas Weber: Kumulatives Lernen im Physikunterricht. *Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*
ISBN 978-3-8325-0316-1 40.50 EUR
- 30 Markus Rehm: Über die Chancen und Grenzen moralischer Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-0368-0 40.50 EUR
- 31 Marion Budde: Lernwirkungen in der Quanten-Atom-Physik. *Fallstudien über Resonanzen zwischen Lernangeboten und SchülerInnen-Vorstellungen*
ISBN 978-3-8325-0483-0 40.50 EUR
- 32 Thomas Reyer: Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. *Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-0488-5 40.50 EUR
- 33 Christoph Thomas Müller: Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0543-1 40.50 EUR
- 34 Gabriela Jonas-Ahrend: Physiklehrvorstellungen zum Experiment im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0576-9 40.50 EUR
- 35 Dimitrios Stavrou: Das Zusammenspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeiten in der nicht-linearen Dynamik. *Didaktische Analyse und Lernprozesse*
ISBN 978-3-8325-0609-4 40.50 EUR
- 36 Katrin Engeln: Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken
ISBN 978-3-8325-0689-6 40.50 EUR
- 37 Susann Hartmann: Erklärungsvielfalt
ISBN 978-3-8325-0730-5 40.50 EUR

- 38 Knut Neumann: Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker
ISBN 978-3-8325-0762-6 40.50 EUR
- 39 Michael Späth: Kontextbedingungen für Physikunterricht an der Hauptschule. *Möglichkeiten und Ansatzpunkte für einen fachübergreifenden, handlungsorientierten und berufsorientierten Unterricht*
ISBN 978-3-8325-0827-2 40.50 EUR
- 40 Jörg Hirsch: Interesse, Handlungen und situatives Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-8325-0875-3 40.50 EUR
- 41 Monika Hüther: Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze. *Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin*
ISBN 978-3-8325-0911-8 40.50 EUR
- 42 Maike Tesch: Das Experiment im Physikunterricht. *Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-0975-0 40.50 EUR
- 43 Nina Nicolai: Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemiehausaufgaben. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base*
ISBN 978-3-8325-1013-8 40.50 EUR
- 44 Antje Leisner: Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-1020-6 40.50 EUR
- 45 Stefan Rumann: Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik
ISBN 978-3-8325-1027-5 40.50 EUR
- 46 Thomas Wilhelm: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung – mit CD-ROM
ISBN 978-3-8325-1046-6 45.50 EUR
- 47 Andrea Maier-Richter: Computerunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen in der Chemie. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Löslichkeit*
ISBN 978-3-8325-1046-6 40.50 EUR
- 48 Jochen Peuckert: Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff
ISBN 978-3-8325-1104-3 40.50 EUR
- 49 Maik Walpuski: Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback
ISBN 978-3-8325-1184-5 40.50 EUR
- 50 Helmut Fischler, Christiane S. Reiners (Hrsg.): Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-1225-5 34.90 EUR
- 51 Claudia Eysel: Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. *Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1238-5 40.50 EUR

- 52 Johannes Günther: Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. *Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*
ISBN 978-3-8325-1287-3 40.50 EUR
- 53 Christoph Neugebauer: Lernen mit Simulationen und der Einfluss auf das Problemlösen in der Physik
ISBN 978-3-8325-1300-9 40.50 EUR
- 54 Andreas Schnirch: Gendergerechte Interessen- und Motivationsförderung im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung. *Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer multimedial unterstützten Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1334-4 40.50 EUR
- 55 Hilde Köster: Freies Explorieren und Experimentieren. *Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*
ISBN 978-3-8325-1348-1 40.50 EUR
- 56 Eva Heran-Dörr: Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften
ISBN 978-3-8325-1377-1 40.50 EUR
- 57 Agnes Szabone Varnai: Unterstützung des Problemlösens in Physik durch den Einsatz von Simulationen und die Vorgabe eines strukturierten Kooperationsformats
ISBN 978-3-8325-1403-7 40.50 EUR
- 58 Johannes Rethfeld: Aufgabenbasierte Lernprozesse in selbstorganisationsoffenem Unterricht der Sekundarstufe I zum Themengebiet ELEKTROSTATIK. *Eine Feldstudie in vier 10. Klassen zu einer kartenbasierten Lernumgebung mit Aufgaben aus der Elektrostatik*
ISBN 978-3-8325-1416-7 40.50 EUR
- 59 Christian Henke: Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. *Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*
ISBN 978-3-8325-1515-7 40.50 EUR
- 60 Lutz Kasper: Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zum Erdmagnetismus*
ISBN 978-3-8325-1537-9 40.50 EUR
- 61 Thorid Rabe: Textgestaltung und Aufforderung zu Selbsterklärungen beim Physiklernen mit Multimedia
ISBN 978-3-8325-1539-3 40.50 EUR
- 62 Ina Glemnitz: Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. *Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*
ISBN 978-3-8325-1628-4 40.50 EUR
- 63 Erik Einhaus: Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre. *Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*
ISBN 978-3-8325-1630-7 40.50 EUR

- 64 Jasmin Neuroth: Concept Mapping als Lernstrategie. *Eine Interventionsstudie zum Chemielernen aus Texten*
ISBN 978-3-8325-1659-8 40.50 EUR
- 65 Hans Gerd Hegeler-Burkhardt: Zur Kommunikation von Hauptschülerinnen und Hauptschülern in einem handlungsorientierten und fächerübergreifenden Unterricht mit physikalischen und technischen Inhalten
ISBN 978-3-8325-1667-3 40.50 EUR
- 66 Karsten Rincke: Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. *Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*
ISBN 978-3-8325-1699-4 40.50 EUR
- 67 Nina Strehle: Das Ion im Chemieunterricht. *Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen*
ISBN 978-3-8325-1710-6 40.50 EUR
- 68 Martin Hopf: Problemorientierte Schülerexperimente
ISBN 978-3-8325-1711-3 40.50 EUR
- 69 Anne Beerenwinkel: Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts
ISBN 978-3-8325-1721-2 40.50 EUR
- 70 Roland Berger: Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II. *Eine empirische Untersuchung auf der Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation*
ISBN 978-3-8325-1732-8 40.50 EUR
- 71 Giuseppe Colicchia: Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. *Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten*
ISBN 978-3-8325-1746-5 40.50 EUR
- 72 Sandra Winheller: Geschlechtsspezifische Auswirkungen der Lehrer-Schüler-Interaktion im Chemieanfangsunterricht
ISBN 978-3-8325-1757-1 40.50 EUR
- 73 Isabel Wahser: Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-1815-8 40.50 EUR
- 74 Claus Brell: Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. *Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE*
ISBN 978-3-8325-1829-5 40.50 EUR
- 75 Rainer Wackermann: Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer
ISBN 978-3-8325-1882-0 40.50 EUR
- 76 Oliver Tepner: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-1919-3 40.50 EUR

- 77 Claudia Geyer: Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive. *Die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern*
ISBN 978-3-8325-1922-3 40.50 EUR
- 78 Tobias Leonhard: Professionalisierung in der Lehrerbildung. *Eine explorative Studie zur Entwicklung professioneller Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*
ISBN 978-3-8325-1924-7 40.50 EUR
- 79 Alexander Kauertz: Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben
ISBN 978-3-8325-1925-4 40.50 EUR
- 80 Regina Hübinger: Schüler auf Weltreise. *Entwicklung und Evaluation von Lehr-/Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*
ISBN 978-3-8325-1932-2 40.50 EUR
- 81 Christine Waltner: Physik lernen im Deutschen Museum
ISBN 978-3-8325-1933-9 40.50 EUR
- 82 Torsten Fischer: Handlungsmuster von Physiklehrkräften beim Einsatz neuer Medien. *Fallstudien zur Unterrichtspraxis*
ISBN 978-3-8325-1948-3 42.00 EUR
- 83 Corinna Kieren: Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. *Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base*
978-3-8325-1975-9 37.00 EUR
- 84 Marco Thiele: Modelle der Thermohalinen Zirkulation im Unterricht. *Eine empirische Studie zur Förderung des Modellverständnisses*
ISBN 978-3-8325-1982-7 40.50 EUR
- 85 Bernd Zinn: Physik lernen, um Physik zu lehren. *Eine Möglichkeit für interessanteren Physikunterricht*
ISBN 978-3-8325-1995-7 39.50 EUR
- 86 Esther Klaes: Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Die Perspektive der Lehrkraft*
ISBN 978-3-8325-2006-9 43.00 EUR
- 87 Marita Schmidt: Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I. *Entwicklung und Erprobung eines Testinventars*
ISBN 978-3-8325-2024-3 37.00 EUR
- 88 Gudrun Franke-Braun: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-2026-7 38.00 EUR
- 89 Silke Klos: Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-8325-2133-2 37.00 EUR

- 90 Ulrike Elisabeth Burkard: Quantenphysik in der Schule. *Bestandsaufnahme, Perspektiven und Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch die Implementation eines Medienservers*
ISBN 978-3-8325-2215-5 43.00 EUR
- 91 Ulrike Gromadecki: Argumente in physikalischen Kontexten. *Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend?*
ISBN 978-3-8325-2250-6 41.50 EUR
- 92 Jürgen Bruns: Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden
ISBN 978-3-8325-2257-5 43.50 EUR
- 93 Cornelius Marsch: Räumliche Atomvorstellung. *Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzeptes mit Hilfe des Computers*
ISBN 978-3-8325-2293-3 82.50 EUR
- 94 Maja Brückmann: Sachstrukturen im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2272-8 39.50 EUR
- 95 Sabine Fechner: Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-2343-5 36.50 EUR
- 96 Clemens Nagel: eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum
ISBN 978-3-8325-2355-8 39.50 EUR
- 97 Josef Riese: Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-2376-3 39.00 EUR
- 98 Sascha Bernholt: Kompetenzmodellierung in der Chemie. *Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*
ISBN 978-3-8325-2447-0 40.00 EUR
- 99 Holger Christoph Stawitz: Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung. *Vergleich von Naturwissenschafts- und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie*
ISBN 978-3-8325-2451-7 37.50 EUR
- 100 Hans Ernst Fischer, Elke Sumfleth (Hrsg.): nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-3331-1 40.00 EUR
- 101 Hendrik Härtig: Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests
ISBN 978-3-8325-2512-5 34.00 EUR
- 102 Thomas Grüß-Niehaus: Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht. *Der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*
ISBN 978-3-8325-2537-8 40.50 EUR
- 103 Patrick Bronner: Quantenoptische Experimente als Grundlage eines Curriculums zur Quantenphysik des Photons

- ISBN 978-3-8325-2540-8 36.00 EUR
- 104 Adrian Voßkühler: Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. *Studien zur Wahrnehmung, Verarbeitung und Usability von physikbezogenen Experimenten am Bildschirm und in der Realität*
ISBN 978-3-8325-2548-4 47.50 EUR
- 105 Verena Tobias: Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. *Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen*
ISBN 978-3-8325-2558-3 54.00 EUR
- 106 Christian Rogge: Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen
ISBN 978-3-8325-2574-3 45.00 EUR
- 107 Mathias Ropohl: Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. *Entwicklung und Analyse von Testaufgaben*
ISBN 978-3-8325-2609-2 36.50 EUR
- 108 Christoph Kulgemeyer: Physikalische Kommunikationskompetenz. *Modellierung und Diagnostik*
ISBN 978-3-8325-2674-0 44.50 EUR
- 109 Jennifer Olszewski: The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Teacher Actions and Student Outcomes
ISBN 978-3-8325-2680-1 33.50 EUR
- 110 Annika Ohle: Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement
ISBN 978-3-8325-2684-9 36.50 EUR
- 111 Susanne Mannel: Assessing scientific inquiry. *Development and evaluation of a test for the low-performing stage*
ISBN 978-3-8325-2761-7 40.00 EUR
- 112 Michael Plomer: Physik physiologisch passend praktiziert. *Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*
ISBN 978-3-8325-2804-1 34.50 EUR
- 113 Alexandra Schulz: Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. *Eine Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2817-1 40.00 EUR
- 114 Franz Boczianowski: Eine empirische Untersuchung zu Vektoren im Physikunterricht der Mittelstufe
ISBN 978-3-8325-2843-0 39.50 EUR
- 115 Maria Ploog: Internetbasiertes Lernen durch Textproduktion im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-2853-9 39.50 EUR

- 116 Anja Dhein: Lernen in Explorier- und Experimentiersituationen. *Eine explorative Studie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen bei Kindern im Alter zwischen 4 und 6 Jahren*
ISBN 978-3-8325-2859-1 45.50 EUR
- 117 Irene Neumann: Beyond Physics Content Knowledge. *Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge*
ISBN 978-3-8325-2880-5 37.00 EUR
- 118 Markus Emden: Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. *Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-8325-2867-6 38.00 EUR
- 119 Birgit Hofmann: Analyse von Blickbewegungen von Schülern beim Lesen von physikbezogenen Texten mit Bildern. *Eye Tracking als Methodenwerkzeug in der physikdidaktischen Forschung*
ISBN 978-3-8325-2925-3 59.00 EUR
- 120 Rebecca Knobloch: Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. *Eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit*
ISBN 978-3-8325-3006-8 36.50 EUR
- 121 Julia Hostenbach: Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3013-6 38.00 EUR
- 122 Anna Windt: Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich. *Evaluation verschiedener Lernsituationen*
ISBN 978-3-8325-3020-4 43.50 EUR
- 123 Eva Kölbach: Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen
ISBN 978-3-8325-3025-9 38.50 EUR
- 124 Anna Lau: Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3021-1 36.00 EUR
- 125 Jan Lamprecht: Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. *Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*
ISBN 978-3-8325-3035-8 38.50 EUR
- 126 Ulrike Böhm: Förderung von Verstehensprozessen unter Einsatz von Modellen
ISBN 978-3-8325-3042-6 41.00 EUR
- 127 Sabrina Dollny: Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-3046-4 37.00 EUR

- 128 Monika Zimmermann: Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. *Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen*
ISBN 978-3-8325-3053-2 54.00 EUR
- 129 Ulf Saballus: Über das Schlussfolgern von Schülerinnen und Schülern zu öffentlichen Kontroversen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund. *Eine Fallstudie*
ISBN 978-3-8325-3086-0 39.50 EUR
- 130 Olaf Krey: Zur Rolle der Mathematik in der Physik. *Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender*
ISBN 978-3-8325-3101-0 46.00 EUR
- 131 Angelika Wolf: Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern
ISBN 978-3-8325-3161-4 45.00 EUR
- 132 Johannes Börlin: Das Experiment als Lerngelegenheit. *Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 133 Olaf Uhden: Mathematisches Denken im Physikunterricht. *Theorieentwicklung und Problemanalyse*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 134 Christoph Gut: Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. *Analyse eines large-scale Experimentiertests*
ISBN 978-3-8325-3213-0 40.00 EUR
- 135 Antonio Rueda: Lernen mit ExploMultimedial in kolumbianischen Schulen. *Analyse von kurzzeitigen Lernprozessen und der Motivation beim länderübergreifenden Einsatz einer deutschen computergestützten multimedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3218-5 45.50 EUR
- 136 Krisztina Berger: Bilder, Animationen und Notizen. *Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik*
ISBN 978-3-8325-3238-3 41.50 EUR
- 137 Antony Crossley: Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3275-8 40.00 EUR
- 138 Tobias Viering: Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. *Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3277-2 37.00 EUR
- 139 Nico Schreiber: Diagnostik experimenteller Kompetenz. *Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*
ISBN 978-3-8325-3284-0 39.00 EUR

- 140 Sarah Hundertmark: Einblicke in kollaborative Lernprozesse. *Eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen*
ISBN 978-3-8325-3251-2 43.00 EUR
- 141 Ronny Scherer: Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie. *Eine Querschnittstudie in der Sekundarstufe I und am Übergang zur Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-3312-0 43.00 EUR
- 142 Patricia Heitmann: Bewertungskompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse. *Modellierung und Diagnose der Kompetenzen Bewertung und analytisches Problemlösen für das Fach Chemie*
ISBN 978-3-8325-3314-4 37.00 EUR
- 143 Jan Fleischhauer: Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik
ISBN 978-3-8325-3325-0 35.00 EUR
- 144 Nermin Özcan: Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. *Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*
ISBN 978-3-8325-3328-1 36.50 EUR
- 145 Helena van Vorst: Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3321-2 38.50 EUR
- 146 Janine Cappell: Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase
ISBN 978-3-8325-3356-4 38.50 EUR
- 147 Susanne Bley: Förderung von Transferprozessen im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3407-3 40.50 EUR
- 148 Cathrin Blaes: Die übungsgestützte Lehrerpräsentation im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Effektivität*
ISBN 978-3-8325-3409-7 43.50 EUR
- 149 Julia Suckut: Die Wirksamkeit von piko-OWL als Lehrerfortbildung. Eine Evaluation zum Projekt *Physik im Kontext* in Fallstudien
ISBN 978-3-8325-3440-0 45.00 EUR
- 150 Alexandra Dorschu: Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben
ISBN 978-3-8325-3446-2 37.00 EUR
- 151 Jochen Scheid: Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: *Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*
ISBN 978-3-8325-3449-3 49.00 EUR
- 152 Tim Plasa: Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren
ISBN 978-3-8325-3483-7 35.50 EUR

- 153 Felix Schoppmeier: Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe. *Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3502-5 36.00 EUR
- 154 Katharina Groß: Experimente alternativ dokumentieren. *Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*
ISBN 978-3-8325-3508-7 43.50 EUR
- 155 Barbara Hank: Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie. *Eine quasixperimentelle Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-3519-3 38.50 EUR
- 156 Katja Freyer: Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3544-5 38.00 EUR
- 157 Alexander Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus. *Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-3548-3 43.50 EUR
- 158 Sebastian Ritter: Einfluss des Lerninhalts Nanogrößeneffekte auf Teilchen- und Teilchenmodellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern
ISBN 978-3-8325-3558-2 36.00 EUR
- 159 Andrea Harbach: Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben
ISBN 978-3-8325-3564-3 39.00 EUR
- 160 David Obst: Interaktive Tafeln im Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung*
ISBN 978-3-8325-3582-7 40.50 EUR
- 161 Sophie Kirschner: Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-3601-5 35.00 EUR
- 162 Katja Stief: Selbstregulationsprozesse und Hausaufgabenmotivation im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3631-2 34.00 EUR
- 163 Nicola Meschede: Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*
ISBN 978-3-8325-3668-8 37.00 EUR
- 164 Johannes Maximilian Barth: Experimentieren im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. *Eine Rekonstruktion übergeordneter Einbettungsstrategien*
ISBN 978-3-8325-3681-7 39.00 EUR
- 165 Sandra Lein: Das Betriebspraktikum in der Lehrerbildung. *Eine Untersuchung zur Förderung der Wissenschafts- und Technikbildung im allgemeinbildenden Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3698-5 40.00 EUR

- 166 Veranika Maiseyenko: Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht. *Praxistauglichkeit und Lernwirkungen*
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR
- 167 Christoph Stolzenberger: Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR
- 168 Pia Altenburger: Mehrebenenregressionsanalysen zum Physiklernen im Sachunterricht der Primarstufe. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie.*
ISBN 978-3-8325-3717-3 37.50 EUR
- 169 Nora Ferber: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3727-2 39.50 EUR
- 170 Anita Stender: Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln. Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung
ISBN 978-3-8325-3750-0 41.50 EUR
- 171 Jenna Koenen: Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen
ISBN 978-3-8325-3785-2 43.00 EUR
- 172 Teresa Henning: Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. *Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik*
ISBN 978-3-8325-3801-9 43.00 EUR
- 173 Alexander Pusch: Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik
ISBN 978-3-8325-3829-3 38.00 EUR
- 174 Christoph Vogelsang: Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*
ISBN 978-3-8325-3846-0 50.50 EUR
- 175 Ingo Brebeck: Selbstreguliertes Lernen in der Studieneingangsphase im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3859-0 37.00 EUR
- 176 Axel Eghtessad: Merkmale und Strukturen von Professionalisierungsprozessen in der ersten und zweiten Phase der Chemielehrerbildung. *Eine empirisch-qualitative Studie mit niedersächsischen Fachleiter_innen der Sekundarstufenlehrämter*
ISBN 978-3-8325-3861-3 45.00 EUR
- 177 Andreas Nehring: Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-3872-9 39.50 EUR

- 178 Maike Schmidt: Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“
ISBN 978-3-8325-3907-8 38.50 EUR
- 179 Jan Winkelmann: Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3915-3 41.00 EUR
- 180 Iwen Kobow: Entwicklung und Validierung eines Testinstrumentes zur Erfassung der Kommunikationskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3927-6 34.50 EUR
- 181 Yvonne Gramzow: Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion
ISBN 978-3-8325-3931-3 42.50 EUR
- 182 Evelin Schröter: Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben einer multimedialen Lernumgebung
ISBN 978-3-8325-3975-7 54.50 EUR
- 183 Inga Kallweit: Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*
ISBN 978-3-8325-3965-8 44.00 EUR
- 184 Andrea Schumacher: Paving the way towards authentic chemistry teaching. *A contribution to teachers' professional development*
ISBN 978-3-8325-3976-4 48.50 EUR
- 185 David Woitkowski: Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. *Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*
ISBN 978-3-8325-3988-7 53.00 EUR
- 186 Marianne Korner: Cross-Age Peer Tutoring in Physik. *Evaluation einer Unterrichtsmethode*
ISBN 978-3-8325-3979-5 38.50 EUR
- 187 Simone Nakoinz: Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4057-9 38.50 EUR
- 188 Sandra Anus: Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. *Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*
ISBN 978-3-8325-4059-3 43.50 EUR
- 189 Thomas Roßbegalle: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zum besseren Verständnis atmosphärischer Phänomene. *Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau als Kontexte zur Vermittlung von Basiskonzepten der Chemie*
ISBN 978-3-8325-4059-3 45.50 EUR
- 190 Kathrin Steckenmesser-Sander: Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen
ISBN 978-3-8325-4066-1 38.50 EUR

- 191 Cornelia Geller: Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. *Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*
ISBN 978-3-8325-4082-1 35.50 EUR
- 192 Jan Hofmann: Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme
ISBN 978-3-8325-4104-0 38.50 EUR
- 193 Andreas Dickhäuser: Chemiespezifischer Humor. *Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation*
ISBN 978-3-8325-4108-8 37.00 EUR
- 194 Stefan Korte: Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts
ISBN 978-3-8325-4112-5 57.50 EUR
- 195 Carolin Hülsmann: Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe
ISBN 978-3-8325-4144-6 49.00 EUR
- 196 Caroline Körbs: Mindeststandards im Fach Chemie am Ende der Pflichtschulzeit
ISBN 978-3-8325-4148-4 34.00 EUR
- 197 Andreas Vorholzer: Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? *Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*
ISBN 978-3-8325-4194-1 37.50 EUR
- 198 Anna Katharina Schmitt: Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-4228-3 39.50 EUR
- 199 Christian Maurer: Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen
ISBN 978-3-8325-4247-4 36.50 EUR
- 200 Helmut Fischler, Elke Sumfleth (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik
ISBN 978-3-8325-4523-9 34.00 EUR
- 201 Simon Zander: Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen
ISBN 978-3-8325-4248-1 35.00 EUR
- 202 Kerstin Arndt: Experimentierkompetenz erfassen.
Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie
ISBN 978-3-8325-4266-5 45.00 EUR
- 203 Christian Lang: Kompetenzorientierung im Rahmen experimentalchemischer Praktika
ISBN 978-3-8325-4268-9 42.50 EUR
- 204 Eva Cauet: Testen wir relevantes Wissen? *Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*
ISBN 978-3-8325-4276-4 39.50 EUR

- 205 Patrick Löffler: Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. *Wie wirkt Kontext?*
ISBN 978-3-8325-4303-7 35.00 EUR
- 206 Carina Gehlen: Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4318-1 43.00 EUR
- 207 Lars Oettinghaus: Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. *Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*
ISBN 978-3-8325-4319-8 38.50 EUR
- 208 Jennifer Petersen: Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Eine Interventionsstudie zum Thema Sonnenschutz*
ISBN 978-3-8325-4348-8 40.00 EUR
- 209 Philipp Straube: Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-4351-8 35.50 EUR
- 210 Martin Dickmann: Messung von Experimentierfähigkeiten. *Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*
ISBN 978-3-8325-4356-3 41.00 EUR
- 211 Markus Bohlmann: Science Education. Empirie, Kulturen und Mechanismen der Didaktik der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4377-8 44.00 EUR
- 212 Martin Draude: Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-4382-2 37.50 EUR
- 213 Henning Rode: Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts. *Zwei empirische Studien zum Einsatz von Feedback und Blackboxes in der Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-4389-1 42.00 EUR
- 214 Jan-Henrik Kechel: Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. *Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*
ISBN 978-3-8325-4392-1 55.00 EUR
- 215 Katharina Fricke: Classroom Management and its Impact on Lesson Outcomes in Physics. *A multi-perspective comparison of teaching practices in primary and secondary schools*
ISBN 978-3-8325-4394-5 40.00 EUR
- 216 Hannes Sander: Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*
ISBN 978-3-8325-4434-8 46.00 EUR

- 217 Inka Haak: Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. *Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff*
ISBN 978-3-8325-4437-9 46.50 EUR
- 218 Martina Brandenburger: Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? *Eine Untersuchung mit Studierenden*
ISBN 978-3-8325-4409-6 42.50 EUR
- 219 Corinna Helms: Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle
ISBN 978-3-8325-4454-6 42.50 EUR
- 220 Viktoria Rath: Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik*
ISBN 978-3-8325-4456-0 42.50 EUR
- 221 Janne Krüger: Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4457-7 45.50 EUR
- 222 Stefan Mutke: Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen. *Eine Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-4458-4 37.50 EUR
- 223 Sebastian Habig: Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren
ISBN 978-3-8325-4467-6 40.50 EUR
- 224 Sven Liepertz: Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung
ISBN 978-3-8325-4480-5 34.00 EUR
- 225 Elina Platova: Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung
ISBN 978-3-8325-4481-2 39.00 EUR
- 226 Tim Reschke: Lesegeschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zur Unterstützung von situationalem Interesse und Lernerfolg
ISBN 978-3-8325-4487-4 41.00 EUR
- 227 Lena Mareike Walper: Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase von der Primar- in die Sekundarstufe. *Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr*
ISBN 978-3-8325-4495-9 43.00 EUR
- 228 Stefan Anthofer: Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden
ISBN 978-3-8325-4498-0 39.50 EUR
- 229 Marcel Bullinger: Handlungsorientiertes Physiklernen mit instruierten Selbsterklärungen in der Primarstufe. *Eine experimentelle Laborstudie*
ISBN 978-3-8325-4504-8 44.00 EUR

- 230 Thomas Amenda: Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik
ISBN 978-3-8325-4531-4 43.50 EUR
- 231 Sabrina Milke: Beeinflusst *Priming* das Physiklernen?
Eine empirische Studie zum Dritten Newtonschen Axiom
ISBN 978-3-8325-4549-4 42.00 EUR
- 232 Corinna Erfmann: Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion. *Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsdiagnoseinstruments*
ISBN 978-3-8325-4550-5 49.50 EUR
- 233 Hanne Rautenstrauch: Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie
ISBN 978-3-8325-4556-7 40.50 EUR
- 234 Tobias Klug: Wirkung kontextorientierter physikalischer Praktikumsversuche auf Lernprozesse von Studierenden der Medizin
ISBN 978-3-8325-4558-1 37.00 EUR
- 235 Mareike Bohrmann: Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht
ISBN 978-3-8325-4559-8 52.00 EUR
- 236 Anja Schödl: FALKO-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften*
ISBN 978-3-8325-4553-6 40.50 EUR
- 237 Hilda Scheuermann: Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten
ISBN 978-3-8325-4568-0 39.00 EUR
- 238 Christian G. Strippel: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. *Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation*
ISBN 978-3-8325-4577-2 41.50 EUR
- 239 Sarah Rau: Durchführung von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. *Eine längsschnittliche, videobasierte Unterrichtsanalyse*
ISBN 978-3-8325-4579-6 46.00 EUR
- 240 Thomas Plotz: Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. *Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2*
ISBN 978-3-8325-4624-3 39.50 EUR

- 241 Wolfgang Aschauer: Elektrische und magnetische Felder. *Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-4625-0 50.00 EUR
- 242 Anna Donhauser: Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaft. *Aufbau und Konzeption eines Schülerlabors für den Exzellenzcluster Engineering of Advanced Materials*
ISBN 978-3-8325-4636-6 39.00 EUR
- 243 Katrin Schübler: Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht. *Einflüsse auf Lernerfolg, kognitive Belastung und Motivation*
ISBN 978-3-8325-4640-3 42.50 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (<http://www.logos-verlag.de>) oder per Fax (030 - 42 85 10 92) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden Konzeption und empirische Untersuchung einer Lernumgebung zu chemischen Inhalten in Form der Wanderausstellung „Völlig losgelöst“ mit integrierter Experimentierstation „ECce!“ beschrieben. Hier wird naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung explizit, implizit und handlungsorientiert vermittelt.

Ziel der empirischen Studie ist es, das Verhalten der Probanden an der Experimentierstation zu untersuchen. Die Stichprobe umfasst N = 155 Probanden in N = 64 Gruppen. In einem Pre-Interview werden die Voraussetzungen im Bereich Erkenntnisgewinnung erfasst. Die Kommunikation an der Experimentierstation wird audiographiert. In einem Post-Interview wird ein Selbstbericht erfasst. Ausgewertet werden die Daten durch verschiedene Varianten der qualitativen Inhaltsanalyse, Kommunikationsgraphen sowie statistische Tests.

Die Ergebnisse zeigen zeitlich umfangreiche und qualitativ unterschiedliche Gespräche über verschiedene Bereiche von Erkenntnisgewinnung. Hier sind Zusammenhänge zwischen den konkreten Untersuchungszielen und den Kommunikationsstrukturen erkennbar - lineare Verläufe der Erkenntnisgewinnung treten häufig zusammen mit Untersuchungen zu Fakten auf, Verläufe mit mehrfachen Wechseln zwischen Untersuchungsplanung und Analyse/ Interpretation treten häufig bei Untersuchungen von Zusammenhängen auf. Die Ergebnisse geben Hinweise auf mögliche Verfahren, Lernprozesse im Bereich naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung auch außerhalb formaler Lernumgebungen zu unterstützen.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-4577-2