pedocs
Open Access Erziehungswissenschaften

DIPF

Rohrbach-Lochner, Friederike

Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellungen. Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminarkonzepts

Berlin : Logos Verlag 2019, 396 S. - (Lernen in Naturwissenschaften; 2)

Quellenangabe/ Reference:
Rohrbach-Lochner, Friederike: Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellungen. Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminarkonzepts. Berlin : Logos Verlag 2019, 396 S. - (Lernen in Naturwissenschaften; 2) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-333950 - DOI: 10.25656/01:33395; 10.30819/4944

https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-333950
https://doi.org/10.25656/01:33395

in Kooperation mit / in cooperation with:

λογος
LOGOS VERLAG BERLIN
Verlag für wissenschaftliche Publikationen

https://www.logos-verlag.de

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

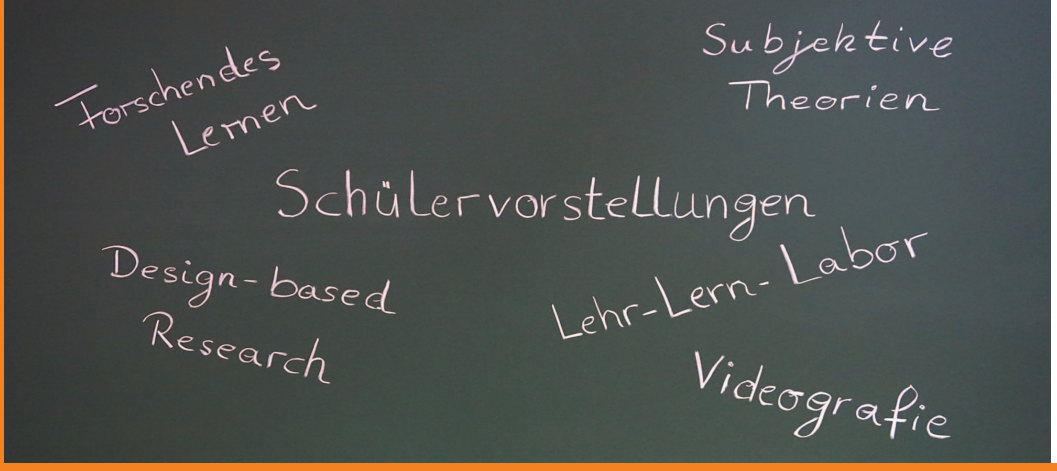
This document is published under following Creative Commons-License: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not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

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



Band 3

Lernen in Naturwissenschaften

verstehen und entwickeln

A. Marohn (Hrsg.)

Friederike Rohrbach-Lochner

Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellungen

λογος

Lernen in
Naturwissenschaften
Band 3

Lernen in Naturwissenschaften

Band 3

Herausgegeben von

Prof. Dr. Annette Marohn

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie

Friederike Rohrbach-Lochner

Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellungen: Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminarkonzepts

Logos Verlag Berlin

λογος

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2019

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-4944-2
ISSN 2566-493X

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

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

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5
1.1 Motivation 5
1.2 Innovationen der Arbeit 6
1.2.1 Das Strukturmodell design-basierter Forschung 7
1.2.2 Kompetenzmodell zu Schülervorstellungen 8
1.2.3 Erprobung des hochschuldidaktischen Konzepts des Forschenden Lernens in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehrerausbildung 8
1.2.4 Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor 9
1.2.5 Parallelen zwischen Subjektiven Theorien und Schülervorstellungen und die Veränderung Subjektiver Theorien durch Konzeptwechsel 10
1.3 Struktur dieser Arbeit 10

2 Design-Based Research 13
2.1 Herleitung des Forschungsansatzes 13
2.1.1 Abgrenzung und Klärung des Begriffs 14
2.1.2 Motivation für design-basierte Forschung 15
2.1.3 Zielsetzung 18
2.1.4 Charakteristika 21
2.1.5 Kritik 23
2.1.6 Abgrenzung zu anderen Forschungsansätzen 24
2.2 Strukturmodell design-basierter Forschung 31
2.3 Bedeutung des Forschungsansatzes Design-Based Research für diese Arbeit 37

3 Vorbereitung des Seminars 39
3.1 Problem- bzw. Fragestellung des Forschungsprojektes 39
3.2 Zielformulierung des Forschungsprojektes 40
3.2.1 Ziele der Intervention 40
3.2.2 Ziel der Theoriebildung 42
3.3 Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen 42
3.3.1 Motivation und Entwicklung 42
3.3.2 Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen 43
3.3.3 Beschreibung der Themenfelder 45
3.3.4 Ziele des Modells 49
3.3.5 Bedeutung des Modells für das Seminar 50
3.4 Darstellung des theoretischen Hintergrundes 50
3.4.1 Lerntheorien Konstruktivismus und Conceptual Change 50
3.4.1.1 Konstruktivismus als Lehr- und Lerntheorie 51
3.4.1.2 Conceptual Change-Theorien 60

3.4.2 Schülervorstellungen 67
3.4.2.1 Begriffsklärung 68
3.4.2.2 Entwicklung der Forschung zu Schülervorstellungen 70
3.4.2.3 Fachgebiete, in denen Schülervorstellungen beschrieben wurden 73
3.4.2.4 Ursachen von Schülervorstellungen 74
3.4.2.5 Schülervorstellungen erkennen 81
3.4.2.6 Schülervorstellungen verändern 86
3.4.3 Forschendes Lernen 92
3.4.3.1 Einheit von Forschung und Lehre – heute noch aktuell? 92
3.4.3.2 Forschendes Lernen in der Lehrerausbildung 94
3.4.3.3 Bedingungen Forschenden Lernens in der Hochschule 96
3.4.3.4 Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses 97
3.4.3.5 Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor 98
3.4.4 Subjektive Theorien 99
3.4.4.1 Definitionen Subjektiver Theorien 99
3.4.4.2 Entstehung Subjektiver Theorien 101
3.4.4.3 Subjektive Theorien verändern 103
3.4.4.4 Aus- und Fortbildungsprogramme zur Veränderung Subjektiver Theorien 105
3.4.4.5 Bedeutung Subjektiver Theorien für diese Arbeit 106
3.4.5 Videografie in der Lehrerbildung 107
3.4.5.1 Ziele und Anwendungstypen von Videografie 108
3.4.5.2 Bedingungen für den Einsatz von Unterrichtsvideos 110
3.4.5.3 Grenzen von Videografie 111
3.4.5.4 Bedeutung von Videografie für diese Arbeit 112
3.4.6 Portfolios 112
3.4.6.1 Portfoliotypen 113
3.4.6.2 Portfolios als Instrumente der Leistungsbewertung 114
3.4.6.3 Portfolios als Reflexionsinstrumente 115
3.4.6.4 Bedeutung von Portfolios für diese Arbeit 116

4 Design-Experiment 117

4.1 Erster Mesozyklus – Pilotierung 117

4.1.1 Analyse und Vorbereitung 118
4.1.1.1 Problem- bzw. Fragestellung für die Pilotierung 118
4.1.1.2 Zielformulierung für die Pilotierung 119
4.1.1.3 Rahmenbedingungen 120
4.1.2 Konstruktion und Durchführung 124
4.1.2.1 Fachdidaktisches Seminar 126
4.1.2.2 Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen 129
4.1.2.3 Planung, Durchführung, Evaluation und Präsentation eines eigenen Forschungsprojektes 130
4.1.3 Evaluation und Reflexion 133
4.1.3.1 Die Evaluationsinstrumente 133
4.1.3.2 Ergebnisse der Evaluation der Pilotierung 138
4.1.3.3 Aus der Evaluation abgeleitete Änderungen für folgende Mesozyklen 153

4.2 Zweiter und dritter Mesozyklus – Hauptstudie ... 155
4.2.1 Analyse und Vorbereitung ... 155
4.2.1.1 Problem- bzw. Fragestellungstellung für die Hauptstudie ... 155
4.2.1.2 Zielformulierung für die Hauptstudie ... 156
4.2.1.3 Rahmenbedingungen ... 157
4.2.2 Konstruktion und Durchführung ... 163
4.2.2.1 Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses als Grundlage für die Struktur des Seminars ... 164
4.2.2.2 Anpassung des Modells von Wildt an die Bedürfnisse des Seminars ... 165
4.2.2.3 Beschreibung der einzelnen Phasen des Seminars ... 167
4.2.3 Evaluation und Reflexion ... 186
4.2.3.1 Die Evaluationsinstrumente ... 186
4.2.3.2 Methodisches Vorgehen zur Evaluation ... 192
4.2.3.3 Ergebnisse der Evaluation der Hauptstudie ... 197
4.2.3.4 Rückbezug der Evaluationsergebnisse auf die Ziele der Hauptstudie ... 282

5 Retrospektive Analyse und Theoriebildung ... 295
5.1 Retrospektive Analyse der Intervention ... 295
5.2 Theoriebildung ... 298
5.2.1 Parallelen zwischen Subjektiven Theorien und Schülervorstellungen ... 301
5.2.2 Forschendes Lernen in der universitären Lehrerausbildung erfüllt wesentliche Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus ... 305
5.2.2.1 Erfüllt die „Einheit von Forschung und Lehre“ nach von Humboldt wesentliche Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus? ... 306
5.2.2.1 Erfüllt Lernen im Format des Forschungsprozesses nach Wildt wesentliche Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus? ... 306
5.2.3 Forschendes Lernen im Seminar erfüllt wesentliche Bedingungen des moderaten Konstruktivismus ... 308
5.2.4 Forschendes Lernen im Seminar erfüllt die Bedingungen für einen Konzeptwechsel ... 311

6 Ausblick ... 317

7 Glossar statistischer Methoden ... 319
7.1 t-Test ... 319
7.2 Wilcoxon-Test ... 320
7.3 McNemar-Test ... 321
7.4 Cochran-Test ... 322
7.5 Fishers exakter Test ... 322

8 Literaturverzeichnis ... 323

Anhang A. Kopien der im SoSe 2013 und WS 2013/14 erstellten Etherpads 339

Anhang B. Interviewleitfäden der Prä- und Post-Interviews im WS 2013/14 346

Anhang C. Impulsfragen im WS 2013/14 347

Anhang D. Tabellen 352

Anhang E. Abbildungsverzeichnis 389

Anhang F. Tabellenverzeichnis 390

Anhang G. Danksagung 396

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die Bedeutung von Alltagsvorstellungen und Erfahrungen, die Schüler[1] mit in den Chemieunterricht bringen, ist in der fachdidaktischen Forschung unbestritten. Über dreißig Jahre internationaler Forschung zu Schülervorstellungen und deren Einfluss auf das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte bestätigen ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen im Chemie-, Physik- und Biologieunterricht. Der Transfer des didaktischen Wissens aus Forschungseinrichtungen in die Klassenzimmer scheint aber noch nicht ausreichend gelungen zu sein. Empirische Studien zeigen, dass viele Lehrkräfte nur wenig über Schülervorstellungen wissen und daher kaum in der Lage sind, deren Bedeutung für Unterricht einzuschätzen oder angemessen darauf zu reagieren (Gabel 1999; Uhren et al. 2013; Wilhelm 2008).

Eine unveröffentlichte Interviewstudie des Arbeitskreises von Frau Prof. Marohn am Institut für Didaktik der Chemie an der Universität zu Köln wies darauf hin, dass Studierende auch nach dem Besuch einiger Lehrveranstaltungen, die Schülervorstellungen ausdrücklich thematisierten, häufig an ihren ursprünglichen Erklärungsmustern bezüglich der Ursachen von Schülervorstellungen festhielten. Diese Beobachtung wies Analogien zu Forschungsergebnissen über Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht auf. Aus der Forschung zu Schülervorstellungen, die einen wesentlichen Anteil der Forschung des Arbeitskreises von Frau Prof. Marohn ausmacht, ist bekannt, dass Schülervorstellungen stabile gedankliche Konstrukte sind, die durch äußere Einflüsse nicht einfach verändert werden können. Aus dieser Analogie wurde die Hypothese hergeleitet, dass bei Studierenden und Lehrenden „Lehrer"-Vorstellungen vorliegen könnten, die ebenfalls sehr stabil sind und die sich durch den vorwiegend rezeptiven Wissenserwerb in Vorlesungen und die kurze Auseinandersetzung in Seminaren nicht oder nur kurzfristig verändern lassen. Die vorerst unter dem Arbeitstitel „Lehrer"-Vorstellungen zusammengefassten Vorstellungen und Einstellungen über Ursachen von und Umgangsweisen mit Schülervorstellungen konnten nach einer ausführlichen Literaturrecherche dem psychologischen Fachbegriff Subjektive Theorien zugeordnet werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Subjektive Theorien von Studierenden erhoben, mit denen diese sich das Auftreten fachlich falscher Antworten im Unterricht erklärten. Vor der

[1] In dieser Arbeit wird zugunsten der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Mädchen und Frauen werden gleichberechtigt mitbedacht und berücksichtigt.

Teilnahme an einem speziell entwickelten Seminar nannte ein großer Anteil der Studierenden, unabhängig vom Studiensemester oder der Anzahl besuchter fachdidaktischer Veranstaltungen, personenzentrierte und meist defizitorientierte Ursachen von Schülervorstellungen, z. B. „Der Lehrer hat die Inhalte nicht gut genug erklärt“ oder „Der Schüler hat sich nicht ausreichend mit den chemischen Inhalten beschäftigt“. Andere, in der fachdidaktischen Forschung zu fachlich falschen Vorstellungen nachgewiesene Ursachen, wie z. B. die Mehrdeutigkeit von Modellen und Abbildungen, wurden nur vereinzelt genannt. Aus den Erkenntnissen der Forschung zu Schülervorstellungen, die zeigen, dass stabile Konstrukte verändert werden können, wurde die Hypothese abgeleitet, dass eine Veränderung der Subjektiven Theorien der Studierenden eine Veränderung der Wahrnehmung und Anwendung von Wissen über Schülervorstellungen nach sich ziehen könnte. Dieser Zusammenhang wurde im Rahmen der Evaluation des Forschungsprojektes überprüft.
Angemessene Subjektive Theorien helfen Studierenden allerdings nur dann zu einem professionellen Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht, wenn diese auch die notwenigen Kenntnisse über Schülervorstellungen und ihre Ursachen besitzen und auch Fähigkeiten und Fertigkeiten für die Diagnose von und Umgangsweisen mit Schülervorstellungen nutzen können. Die Vermittlung dieser Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten stellt ein weiteres wesentliches Ziel der zu entwickelten Veranstaltung dar.
Das vorgestellte Forschungsprojekt versuchte, durch Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminars, sowohl ein forschungsbasiertes Konzept für die Integration des Themas Schülervorstellungen als essentiellen Bestandteil der Chemielehrerausbildung zu schaffen als auch einen Beitrag zur Verknüpfung des theoretischen Wissens über Schülervorstellungen und dessen Anwendung in der Schule zu leisten.

1.2 Innovationen der Arbeit

Der Sinn jeder wissenschaftlichen Arbeit besteht darin, Erkenntnisse zu erzeugen, die über die individuelle Veröffentlichung hinaus das Potential haben, auf andere Arbeiten auszustrahlen. Ob Erkenntnisse dieser Arbeit für zukünftige wissenschaftliche Arbeiten von Bedeutung sein werden und um welche es sich dabei handelt, kann selbstverständlich nicht sicher vorhergesagt werden. Die folgenden kurzen Beschreibungen der Innovationen sollen einen Überblick über die Inhalte vermitteln, die – aus der individuellen Sicht der Verfasserin – das größte Potential in sich tragen,

über die vorliegende Arbeit hinaus „nützlich“ zu sein. Verweise innerhalb der Beschreibungen sollen interessierte Leser dabei unterstützen, diese Inhalte innerhalb der recht umfangreichen Arbeit zügig zu finden und sie detailliert nachlesen zu können.
So wie die gesamte Arbeit wurde besonders die Beschreibung der „Innovationen“ in der Hoffnung verfasst, dass diese Arbeit einem anderen Forscher ein Denkanstoß, eine Hilfestellung oder eine Inspiration für seine Arbeit sein möge.

1.2.1 Das Strukturmodell design-basierter Forschung

Am Anfang dieser Arbeit stand nicht ein Problem oder eine Frage, sondern ein viele Fragestellungen umfassendes Problemkonstrukt. Dieses Problemkonstrukt entstammte einer realen, komplexen Bildungssituation. Die Ausgangslage für ein Forschungsprojekt, das eine eng begrenzte Fragestellung unter Ausschluss möglichst vieler Störfaktoren erforschte, war also denkbar schlecht. Es hätte selbstverständlich die Möglichkeit bestanden, einzelne Fragestellungen aus dem Problemkonstrukt herauszulösen und diese unter Laborbedingungen, z. B. in Form einer Vergleichsstudie, zu untersuchen. Durch dieses Vorgehen wäre aber der Kontext der realen Bildungssituation, der wesentlich zum Problemkonstrukt beiträgt, nicht berücksichtigt worden. Als methodischer Ansatz wurde daher die design-basierte Forschung (Design-Based Research)[2] gewählt, deren wesentliche Charakteristika sich in diesem Projekt nachweisen ließen (vgl. 2.3 Bedeutung des Forschungsansatzes Design-Based Research für diese Arbeit). Für die Darstellung design-basierter Projekte existierten zwar einige, allerdings keine vollständigen Vorschläge für die Veröffentlichung. Parallel zur Umsetzung des Projektes entstand daher, theorie- und literaturbasiert, ein Modell design-basierter Forschung (vgl. 2.2 Strukturmodell design-basierter Forschung), das einen typischen, idealisierten Verlauf design-basierter Forschung beschreibt. Dieser Verlauf ist, wie die ihm zugrundeliegenden Darstellungen design-basierter Forschung, als Rahmenansatz zu verstehen, der für jedes Forschungsprojekt konkretisiert und ausgestaltet werden muss. Das Strukturmodell design-basierter Forschung diente der vorliegenden Arbeit als Strukturierungshilfe und bildete darüber hinaus auch den Rahmen für die schriftliche Darstellung.

[2] Der Begriff design-basierte Forschung wird in dieser Arbeit synonym zu dem englischsprachigen design-based research verwendet.

1.2.2 Kompetenzmodell zu Schülervorstellungen

Das Ziel ein Seminar zu entwickeln, das Lehramtsstudierende für das Thema Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht sensibilisieren und sie auf einen professionellen Umgang im Kontext Schülervorstellungen vorbereiten sollte, warf die Frage auf, was genau unter einem professionellen Umgang mit Schülervorstellungen zu verstehen sei. Auf eine konkrete Anleitung oder ein Modell, das diese Fähigkeiten und Fertigkeiten beschreibt, konnte zu Beginn der vorliegenden Arbeit nicht zurückgegriffen werden. Auf der Grundlage einer umfangreichen Literaturrecherche wurde daher für dieses Projekt ein Modell entwickelt, das in einem vierstufigen Raster Wissenselemente und Fähigkeiten abbildet, die Lehrkräfte für einen adäquaten Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht benötigen (vgl. 3.3.2 Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen). Das Modell wurde anschließend sowohl für die Auswahl der Themen des Seminars (vgl. 4.2.2.3 Beschreibung der einzelnen Phasen des Seminars) als auch für die Entwicklung der speziell für die Veranstaltung entwickelten Evaluationsinstrumente der Hauptstudie (vgl. 4.2.3.1 Die Evaluationsinstrumente) herangezogen. Die mit der Entwicklung des Modells verbundenen Ziele und Hoffnungen gehen über die ursprüngliche Zielsetzung, die theoriebasierte Grundlegung und Legitimation der Inhalte des in dieser Arbeit vorgestellten Seminars, hinaus. Das Modell soll naturwissenschaftsdidaktisch Forschenden und Lehrenden Ansatzpunkte zur Diskussion und Reflexion über ihre Vorstellungen und ihren Umgang mit dem Thema Schülervorstellungen bieten (vgl. 3.3.4 Ziele des Modells). Es wurde bewusst inhaltlich so offen konzipiert, dass es nicht nur für Vorstellungen im Bereich der Chemiedidaktik, sondern auch für andere Naturwissenschaftsdidaktiken einsatzfähig ist.

1.2.3 Erprobung des hochschuldidaktischen Konzepts des Forschenden Lernens in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehrerausbildung

Im Rahmen des vorgestellten Forschungsprojektes wurde erstmalig im deutschsprachigen Raum das hochschuldidaktische Konzept des Forschenden Lernens in der chemiedidaktischen Lehrerausbildung an der Universität eingesetzt und evaluiert. Aufgrund noch nicht vorhandener theoretischer Grundlagen in diesem Einsatzgebiet wurde speziell für diese Arbeit der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt (vgl. 3.4.3.4 Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses) auf die Bedürfnisse einer naturwissenschaftsdidaktischen Veranstaltung angepasst. Aus der zyklischen, allgemeinen Darstellung der Phasen

und Verläufe des Forschenden Lernens (vgl. 4.2.2.1 Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses als Grundlage für die Struktur des Seminars) entwickelte sich ein quasi-linearer – der universitären Ausbildung angepasster – Seminarverlauf (vgl. 4.2.2.2 Anpassung des Modells von Wildt an die Bedürfnisse des Seminars).
Die Evaluationsergebnisse des Forschungsprojektes zeigen, dass die Übertragung und Umsetzung des Learning Cycle auf eine Lehrveranstaltung in der chemiedidaktischen Lehrerausbildung geeignet ist, um die meisten der zu Beginn des Projektes gesteckten Ziele der Veranstaltung zu erreichen (vgl. 5.1 Retrospektive Analyse der Intervention). Im Verlauf der Veranstaltungen konnten die Studierenden in der universitären Ausbildung an die Thematik „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ herangeführt und für sie sensibilisiert werden. Die Lernenden erwerben zum einen Kompetenzen für einen professionellen Umgang mit Schülervorstellungen, zum anderen regt das Seminar Veränderungen Subjektiver Theorien, die das Lernen über und den Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht erschweren können, in diesem Kontext an (vgl. 5.1 Retrospektive Analyse der Intervention).

1.2.4 Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor

Innerhalb des vorgestellten Forschungsprojektes erfolgte eine ausgiebige theoretisch wie praktisch vor- und nachbereitete Integration Forschenden Lernens (vgl. 3.4.3 Forschendes Lernen) in ein Schülerlabor, wodurch diese Veranstaltung als Lehr-Lern-Labor (vgl. 3.4.3.5 Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor) bezeichnet werden kann. Die Integration des Lehr-Lern-Labors in das Forschende Lernen des Seminars ermöglicht den Studierenden nicht nur den im Verlauf des Studiums von vielen Studierenden oft vermissten Kontakt mit Schülern, es bietet auch eine Gelegenheit, im Seminar entwickelte Inhalte (z. B. eine Unterrichtssequenz) mit diesen Schülern in einem geschützten, bewertungsfreien Rahmen zu erproben und diese Erprobung anschließend zu evaluieren (vgl. 4.2.2.2 Anpassung des Modells von Wildt an die Bedürfnisse des Seminars und 4.2.2.3 Beschreibung der einzelnen Phasen des Seminars). Der Einsatz dieses forschungsorientierten Lehr-Lern-Arrangements legt den Studierenden einen Perspektivwechsel nahe, der ihnen ermöglicht, „Praxis nicht nur aus der Perspektive des Handelns und Könnens, sondern auch aus einer methodisch abzusichernden Erkenntnishaltung zu begegnen“ (Schneider und Wildt 2009, S. 8). Auf diese Weise leistet das Forschende Lernen einen Ansatz zur Lösung des Problems der gegenseitigen Anbindung von wissenschaftlichen Theorien und pädagogischer Praxis in der Lehrerbildung.

1.2.5 Parallelen zwischen Subjektiven Theorien und Schülervorstellungen und die Veränderung Subjektiver Theorien durch Konzeptwechsel

Im Rahmen der Theoriebildung dieser Arbeit wird dargelegt, dass in der Naturwissenschaftsdidaktik als Schülervorstellungen bezeichnete kognitive Strukturen wesentliche Parallelen zu den in der psychologischen Forschung als Subjektive Theorien bezeichneten kognitiven Strukturen aufweisen (vgl. 5.2.1 Parallelen zwischen Subjektiven Theorien und Schülervorstellungen). Die herausgestellten Gemeinsamkeiten dieser in verschiedenen Forschungsgebieten entwickelten Begriffe können als Anstoß verstanden werden, Erkenntnisse aus einem Forschungsgebiet auf ihre Bedeutung für das andere zu prüfen und so möglicherweise Brücken zwischen psychologischer und naturwissenschaftsdidaktischer Forschung zu schlagen. In der vorliegenden Arbeit wurde dieser Übertrag für Erkenntnisse der Forschung zur Veränderung von Schülervorstellungen auf die Veränderung Subjektiver Theorien überprüft. Dass die im Rahmen der Conceptual Change- und der Conceptual Growth-Forschung erarbeiteten Bedingungen für einen Konzeptwechsel in der Konzeption des Seminars nachgewiesen werden konnten, und dass die Evaluation Hinweise auf Veränderungen von Subjektiven Theorien lieferte, kann als Indiz dafür verstanden werden, dass Subjektive Theorien – aufgrund von Ähnlichkeiten der kognitiven Strukturen – durch ähnliche Bedingungen verändert werden können wie Schülervorstellungen (vgl. 5.2.4 Forschendes Lernen im Seminar erfüllt die Bedingungen für einen Konzeptwechsel).

1.3 Struktur dieser Arbeit

Forschungsmethodisch bot der Forschungsansatz design-basierter Forschung (Design-Based Research) einen geeigneten Rahmen, sich den komplexen Fragestellungen dieser Arbeit zu nähern (vgl. 2 Design-Based Research). Aufgrund der Diversität und Individualität design-basierter Forschungsprojekte folgen die Präsentationen dieser Arbeiten in der Regel keiner einheitlichen Struktur. Aus Darstellungen zur idealtypischen Strukturierung von Projekten des Design-Based Research-Ansatzes wurde ein Strukturmodell design-basierter Forschung abgeleitet, das als Leitfaden für die Darstellung des vorgelegten Forschungsprojektes eingesetzt wurde (vgl. 2.2 Strukturmodell design-basierter Forschung).

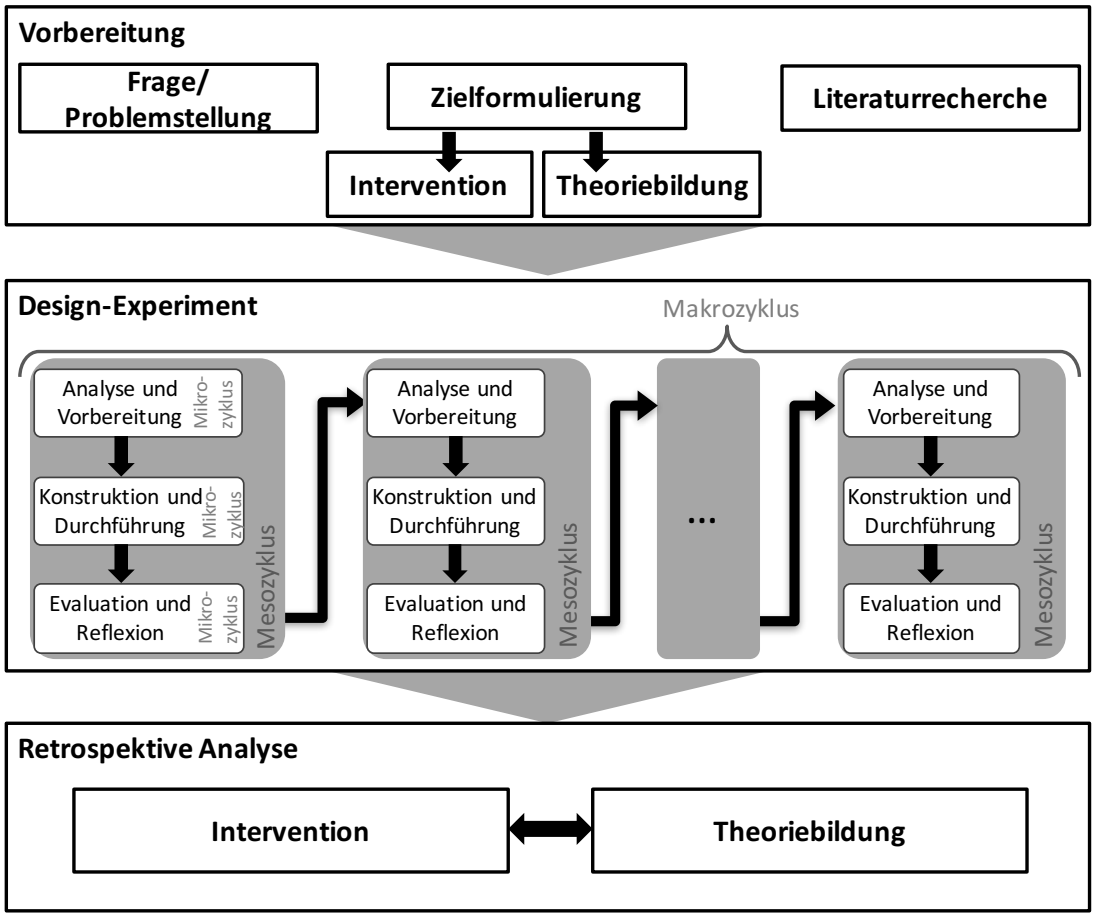


Abbildung 1: Strukturmodell Design-Based Research

Die vorliegende Arbeit beginnt mit einer Darstellung des Forschungsansatzes Design-Based Research und der Herleitung des Strukturmodells (Abbildung 1). Anschließend folgt sie der inneren Struktur des Strukturmodells, die in Abschnitt 2 ausführlich dargestellt wird.

Die Beschreibung der *Vorbereitung des Seminars* beginnt mit der Herleitung eines Modells zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen, das als wichtige theoretische Grundlage für die Entwicklung und Evaluation des Seminars entwickelt wurde. Anschließend werden sowohl die Lernziele der geplanten Intervention als auch die Ziele der Theoriebildung und die erste Problemstellung der Arbeit dargestellt. Den Abschluss der Vorbereitung bildet eine umfangreiche Darstellung des theoretischen Hintergrundes zu Schülervorstellungen, Lerntheorien, Forschendem Lernen, Subjektiven Theorien, Videografie in der Lehrerbildung und dem Einsatz von Portfolios in der universitären Ausbildung (Abschnitt 3).

Den umfangreichsten Teil der Arbeit nimmt die Beschreibung des *Design-Experiments* ein, das sich aus drei Mesozyklen zusammensetzt. Der erste Mesozyklus wurde im Wintersemester 2012/13 an der Universität zu Köln durchgeführt und diente im Wesentlichen der Entwicklung und Erprobung einer Grundstruktur des Seminars und der Evaluationsinstrumente. Die Mesozyklen zwei und drei wurden im Rahmen der Chemielehrerausbildung an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster in je einer chemiedidaktischen Veranstaltung durchgeführt und evaluiert. Aufgrund der inhaltlichen Nähe der Veranstaltungsinhalte werden beide Mesozyklen als Hauptuntersuchung zusammengefasst und teilweise auch zusammen in die Evaluation einbezogen. Anschließend werden die Evaluationsergebnisse der Hauptstudie in einer gemeinsamen Phase der Evaluation und Reflexion dargestellt (Abschnitt 4).

Den Abschluss der vorliegenden Arbeit bilden die *Retrospektive Analyse und die Theoriebildung*, die sowohl einen an den Zielformulierungen des Projektes orientierten Rückblick auf die Intervention als auch eine auf den Erkenntnissen dieser Arbeit aufbauende Theoriebildung beinhalten (Abschnitt 5). Die Arbeit schließt mit einem *Ausblick* auf mögliche Anknüpfungspunkte für Forschung und Lehre (Abschnitt 6).

2 Design-Based Research

Den wissenschaftlichen Rahmen für das vorgestellte Forschungsprojekt bildet der Forschungsansatz Design-Based Research (Anderson und Shattuck 2012; Collective 2003). Design-Based Research wurde von Lehrenden für Lehrende entwickelt, die ihre eigene Lehre und die Lehre ihrer Disziplin theoriegeleitet (weiter-)entwickeln möchten. Dazu streben sie zum einen nach vermehrter Integration wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Lehre; zum anderen sollen aus der Lehre heraus wissenschaftliche Theorien entwickelt werden, die zu einer weiteren Verbesserung der Lehre beitragen (Anderson und Shattuck 2012).

Die Beschreibung design-basierter Forschung beginnt mit einer theoretischen Herleitung des Forschungsansatzes (Abschnitt 2.1). Anschließend werden das für diese Arbeit literaturbasiert entwickelte Strukturmodell design-basierter Forschung (Abschnitt 2.2) und der Bezug des theoretischen Hintergrundes des Forschungsansatzes Design-Based Research zu diesem Forschungsprojekt dargestellt (Abschnitt 2.3).

2.1 Herleitung des Forschungsansatzes

Design-Based Research entstand innerhalb der psychologischen Lehr-Lern-Forschung und wird im Wesentlichen auf Arbeiten von Allan Collins und Ann Brown zurückgeführt.

Allan Collins (1990; 1992), Professor für „Learning Sciences“ formulierte als erster die Forderung nach einer neuen, die damalige Forschung und schulische Praxis verknüpfende „Design Science“. Sein Interesse an der Entwicklung dieser neuartigen Forschungsmethode galt primär dem Ziel der Implementierung und Evaluation technologischer Innovationen in die schulische Praxis und resultierte aus seiner Erkenntnis, dass zwar viele neue Technologien in Klassenzimmern weltweit eingesetzt würden, daraus aber kaum systematische Erkenntnisse resultierten, die zur (Weiter-)Entwicklung neuer Technologien beitragen könnten.

Ann Brown (1992) prägte den Begriff der „design experiments“, der sich seitdem in der design-basierten Forschung etabliert hat. Als auf klassische Lerntheorie spezialisierte Psychologin war sie ursprünglich auf Forschung in Laborszenarien spezialisiert. Der Weg ihrer Forschung aus dem Labor in amerikanische Klassenzimmer, der nach Fischer et al. (2005) durch eine Änderung der Forschungsförderungspolitik angestoßen wurde, ließ sie erkennen, dass die existierenden methodischen Zugänge der psychologischen Forschung bei der Erforschung des Lehrens und Lernens massiv an ihre Grenzen stießen. Sie kritisierte z. B., dass Laborstudien zum Lernen aufgrund

ihrer Ausrichtung auf die Separation einzelner Variablen andere Variablen ausklammerten, die aber für das Lehren und Lernen und die Entwicklung von Lern-Designs trotzdem von entscheidender Bedeutung seien. Ihr Ziel bestand sowohl darin, Interventionen zu entwickeln, die auch außerhalb standardisierter Laborsituationen wirkten, als auch Theorien zu entwerfen, die die Wirkung der Interventionen erklärten. Ihr Vorgehen beschrieb sie als das eines Designers oder eines Ingenieurs. Vom klassischen Laborstudiendesign unterschied sich der von ihr vorgeschlagene Forschungsansatz, den sie als „design experiments" bezeichnete, insofern, als dass die Untersuchungen innerhalb der Lebenswelt der Schüler in sozialen Situationen stattfanden. Die Evaluation erfolgte durch eine Mischung aus verschiedenen qualitativen und quantitativen Methoden. Browns Forschungsansatz beinhaltete damit bereits wesentliche Charakteristika, die Design-Based Research heute auszeichnen (vgl. 2.1.4 Charakteristika).

Speziell im angloamerikanischen Sprachraum fanden die Ansätze von Brown und Collins rege Resonanz. Entsprechende Projekte wurden zunehmend durch eine Gruppe von Lernforschern getragen, die sich zum „Design-Based Research Collective" (2003) zusammenschlossen.

Im folgenden Abschnitt werden zunächst der Begriff Design-Based Research definiert und abgegrenzt (Abschnitt 2.1.1), dann Motivation, Zielsetzung und Charakteristika des Ansatzes erläutert (Abschnitte 2.1.2, 2.1.3 und 2.1.4) und abschließend auf Kritik am Ansatz (Abschnitt 2.1.5) und eine Abgrenzung zu anderen Forschungsansätze (Abschnitt 2.1.6) eingegangen.

2.1.1 Abgrenzung und Klärung des Begriffs

Parallel zu Design-Based Research entwickelte sich ein Forschungsansatz, der als Educational Design Research (vgl. McKenney und Reeves 2012; van den Akker et al. 2006a) bezeichnet wird. Beide Ansätze werden auf den älteren Ansatz der design experiments (Brown 1992; Cobb et al. 2003; Collins 1992) zurückgeführt und ähneln sich bezüglich ihrer Intentionen und ihrer Charakteristika. Die unterschiedlichen Bezeichnungen zeugen von der parallelen Entstehung dieser ähnlichen Ansätze, die sich im Laufe ihrer Entwicklung auch gegenseitig beeinflusst haben. Einige Veröffentlichungen erwähnen die Bedeutung des jeweils anderen Ansatzes. Entweder wird dieser lediglich als andere Bezeichnung derselben Methode dargestellt (Anderson und Shattuck 2012) oder die jeweils gewählte Bezeichnung wird als Oberbegriff für einen Forschungsansatz definiert, der beide Ansätze, also Design-Based Research und Design Research, mit einbezieht (McKenney und Reeves 2012;

van den Akker et al. 2006a). Die vorhandenen Differenzen z. B. bezüglich konkreter Umsetzungen oder der Reichweite aufgestellter Theorien resultieren eher aus Unterschieden in den akademischen Hintergründen und wissenschaftlichen Forschungsrichtungen der Autoren als in systematischen inhaltlichen Unterschieden. Einen Höhepunkt erreichte die interdisziplinär geführte Debatte über Sinn und Nutzen, aber auch bezüglich Kritik und methodischen Diskussionen zur Design-Forschung zu Beginn der 2000er Jahre. Dieser zeigte sich in einer Vielzahl von Publikationen zu diesem Themengebiet sowohl in Buchform (McKenney und Reeves 2012; van den Akker et al. 2006a) als auch in Themenheften renommierter Fachzeitschriften (Educational Researcher 2003, Educational Psychologist 2004, Journal of the Learning Sciences 2004).

Im deutschsprachigen Raum hat sich die Verwendung der Bezeichnung Design-Based Research mehrheitlich gegenüber Design Research durchgesetzt (u. a. Reinmann 2005; Krüger 2010; Tobias 2010; Wilhelm; Gess et al. 2014 und Hopf 2014), weshalb sie auch in dieser Arbeit genutzt wird. Design-Based Research wird hier als Oberbegriff verwendet, der Überlegungen zu design experiments, Educational Design Research und anderen, inhaltlich nah verwandten Forschungsansätzen einschließt.

Mit der „fachdidaktischen Entwicklungsforschung“ des FUNKEN-Projektes an der Universität Dortmund (Prediger und Link 2012; Prediger et al. 2012) und dem „Münchener Modell“ der AG Physikdidaktik an der LMU München (Tobias 2010) wurden im deutschsprachigen Raum Forschungsmodelle entwickelt, die ebenfalls direkten Bezug auf den Design-Based Research Ansatz nehmen. Aufgrund der bisher ausschließlichen Schulorientierung dieser Ansätze wurde von einem direkten Anschluss an die deutschsprachigen Forschungsmodelle abgesehen, da das vorliegende Forschungsprojekt sich auf universitäre Lehr- und Lerntätigkeit fokussiert und eine Anbindung an die Hochschuldidaktik anstrebt.

2.1.2 Motivation für design-basierte Forschung

Design-Based Research wurde aus der Motivation heraus entwickelt, die vielfach beklagte Lücke zwischen den Erkenntnissen bildungswissenschaftlicher und fachdidaktischer Forschung und deren Anwendung in realen Bildungssituationen zu schließen. Die beschriebene Lücke zwischen Grundlagenforschung und schulischer Praxis wird von Forschern unterschiedlicher Nationalitäten einstimmig beklagt und als möglicher Ansatzpunkt für Innovationen in der Forschung herausgestellt (vgl. Collective 2003; Gilbert et al. 2004; Krüger 2010; Prediger und Link 2012).

Für die psychologische Forschung stellte Cronbach schon Mitte der 1950er fest, dass weder experimentelle psychologische Studien noch Korrelationsstudien Ergebnisse hervorbrächten, die sinnvoll in der Bildungspraxis eingesetzt werden könnten (Cronbach 1957). Das beschriebene Spannungsfeld zwischen Grundlagenforschung (basic research) und anwendungsbezogener Forschung (applied science) ist kein spezifisches Phänomen der Psychologie, sondern findet sich vergleichbar in vielen anderen Wissenschaftsdisziplinen wieder. Im deutschsprachigen Raum hat die Erkenntnis, dass eine Transformation wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis und die Lehre bisher nicht ausreichend gelungen zu sein scheint, zu einer Debatte über die Verortung der Bildungswissenschaften zwischen Selbsterkenntnis und ihrem Nutzen (Reinmann und Kahlert 2007) geführt. Reinmann kritisiert am Selbstverständnis der Bildungswissenschaften, dass sie sich sowohl auf geisteswissenschaftlich-hermeneutische Methoden als auch auf naturwissenschaftlich-empirische Methoden stützen, ingenieurwissenschaftliche Ansätze aber für ihre Forschung ausschließen. Genau in diesen Forschungsmethoden sieht sie eine Chance der modernen Bildungswissenschaften, ihr Theorie-Praxis-Problem anzugehen (Reinmann 2007; Reinmann und Sesink 2011).

Auch im Bereich der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wird beklagt, dass sich die beiden Forschungsformate, Grundlagenforschung und konzeptionelle Entwicklungsforschung, zwischen denen sich das Forschungsfeld naturwissenschaftsdidaktischer Forschung aufspannt, vielfach unverbunden und als scheinbare Gegensätze gegenüberstehen (z. B. Juuti und Lavonen 2006; Prediger und Link 2012). Die Bandbreite fachdidaktischer Forschungsprojekte erstreckt sich von rein deskriptiver Grundlagenforschung, die sich auf die empirische Beschreibung und Analyse von Lehr- und Lernprozessen fokussiert, bis zu konzeptioneller Forschung, die sich auf die Gestaltung von Lernumgebungen und Lernmaterialien konzentriert, und Lehrenden konkrete Vorschläge für den Einsatz in Schule, Hochschule oder anderen Bildungseinrichtungen unterbreitet.

Forderungen, die Dichotomie der beiden scheinbar gegensätzlichen Forschungstypen aufzubrechen und ihr Verhältnis zueinander zu beschreiben, wurden im allgemein wissenschaftstheoretischen Diskurs schon mehrfach geäußert. Schon John Dewey forderte in Anlehnung an den Psychologen Münsterberg (1899) die Schaffung einer „linking science“, die Theorie und Praxis verbinden solle (Linn et al. 1996, S. 446).

In seinem Werk „Pasteurs Quadrant“ regt Donald Stokes (1997) dazu an, den Blick auf die scheinbare Dichotomie zwischen Grundlagenforschung, die ausschließlich

auf die Erlangung fundamentalen Wissens abzielt, und anwendungsbezogener Forschung, die Wissen für die Praxis generieren will, zu erweitern. Er schlägt vor, ein zweidimensionales Feld aufzuspannen, auf dessen Achsen der Grad an angestrebtem Zugewinn bezüglich fundamentalem Wissen (vertikale Achse) und bezüglich praxistauglicher Erkenntnisse (horizontale Achse) aufgetragen werden. Hieraus entwickelt er das „Quadrant-Model of Scientific Research“ (Abbildung 2).

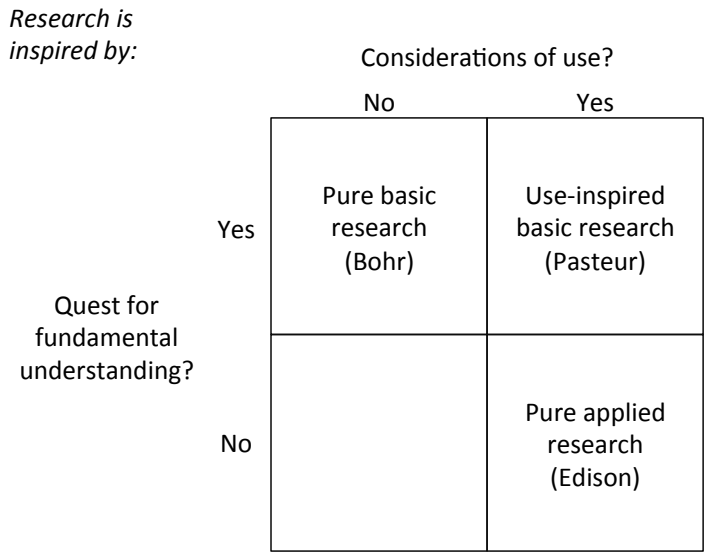


Abbildung 2: „Quadrant-Model of Scientific Research" nach Stokes

Drei der sich ergebenden Quadranten benennt Stokes nach Wissenschaftlern, deren Betätigungsfelder diesen Forschungstypen entsprachen. Die Forschung des dänischen Physikers und Nobelpreisgewinners Niels Bohr[3] sei ausschließlich auf die Suche nach fundamentalem Wissen über die Struktur des Atoms ausgerichtet gewesen, ohne dabei die praktische Anwendung der Erkenntnisse einbezogen zu haben. Sie repräsentiert die „reine Grundlagenforschung“. Das Gegenteil, die „reine Anwendungsforschung“, wird von Thomas Edison repräsentiert. Er habe seine Forschung primär darauf ausgerichtet, innovative Technologien für die Lösung praktischer Probleme zu entwickeln.

[3] Bezüglich der von Stokes exemplarisch gewählten Forscher sollte die eindimensionale Betrachtung der Wissenschaftler und eine Verallgemeinerung der Ziele ihrer Arbeiten kritisch hinterfragt werden.

Der von Stokes eingeführte Forschungstypus „anwendungsorientierte Grundlagenforschung“[4] verbindet die Motive der beiden genannten Wissenschaftler. Die Kombination von Erkenntnis- und Nutzenzielen sieht Stokes in den Arbeiten des französischen Chemikers und Mikrobiologen Louis Pasteur, der fundamentales Wissen im Kontext einer realen Problemsituation erzielt habe.

Der vierte, nicht benannte Quadrant soll nicht als leer verstanden werden. Er steht für die Forschung, deren Ziel weder in der Schaffung fundamentalen Wissens noch in der Schaffung von praktisch einsetzbaren Innovationen liegt. Diese Forschung wird durch die Neugier des Forschers an einzelnen Phänomenen vorangetrieben. Als Beispiel nennt Stokes die Arbeit von Ornithologen, die durch ausgiebige Beobachtung und Erforschung der nordamerikanischen Vogelwelt ihren Beitrag zu dem Werk „Peterson´s Guide to the Birds of North America“ geleistet haben. Aufgrund des engen Beispiels sieht Stokes aber davon ab, den vierten Quadranten Peterson´s Quadrant zu nennen (McKenney und Reeves 2012; Stokes 1997). Stokes sieht in der anwendungsorientierten Grundlagenforschung großes Potential, das Zusammenspiel von grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung durch Weiterentwicklung des theoretischen Erkenntnisstandes und innovativer Technologien voranzubringen (Stokes 1997).

Fischer et al. (2005) sowie Reinmann (2007) verorten, wie auch Prediger und Link (2012), Forschungsarbeiten zum Design-Based Research-Ansatz in Pasteurs Quadrant und deuten damit an, dass dieser Forschungsansatz eine gewinnbringende Verbindung zwischen grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung herstellen kann. Auch wenn Design-Based Research alleine die beschriebene Lücke zwischen Grundlagenforschung und rein anwendungsorientiertem Arbeiten nicht überwinden kann (McKenney und Reeves 2012), wird ihr aber das Potential zugesprochen, die Forschungslandschaft der psychologischen, bildungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Forschung sowohl bezüglich der Entwicklung neuer Theorien als auch bezüglich der Anwendbarkeit gewonnener Ergebnisse in der Praxis voranbringen zu können.

2.1.3 Zielsetzung

Design-Based Research soll eine Brücke bauen zwischen den Erkenntnissen bildungswissenschaftlicher und fachdidaktischer Forschung und deren Anwendung

[4] Stokes englische Bezeichnung für diesen Quadranten lautet „use-inspired basic research“. In der deutschsprachigen Literatur wird keine eindeutige Übersetzung verwendet. Fischer (2005) verwendet die verhältnismäßig wörtliche Übersetzung „nutzenorientiert“. Von anderen Autoren (z. B. Brüggemann und Bromme 2006; Reinmann 2013) wird allerdings auch die Formulierung „anwendungsorientiert“ verwendet.

in realen Bildungssituationen (Anderson und Shattuck 2012). Dabei wird der Entwicklung und Evaluation einer in der Praxis wirksamen Intervention (What works?) ebenso viel Bedeutung zugemessen wie der Entwicklung wissenschaftlicher Theorien, die diese Intervention und ihre Wirkung beschreiben (How, when, and why it works?) (Cobb et al. 2003; Collins et al. 2004; Gravemeijer und Cobb 2006; van den Akker et al. 2006b).

Die Intervention – What works?

Die Bandbreite der möglichen Interventionen, die durch Design-Based Research entwickelt, verbessert und in die Praxis implementiert werden können, ist groß. Sie reicht von einzelnen medialen Lernangeboten über die Konzipierung von Unterrichtsreihen und Seminaren bis hin zur Entwicklung ganzer Studiengänge oder Weiterbildungen. Wenn Anderson und Shattuck von der Entwicklung und Überprüfung einer „signifikanten Intervention“ sprechen (Anderson und Shattuck 2012, S. 16), muss die Frage erlaubt sein, wie die Signifikanz einer durch Design-Based Research entwickelten Intervention überprüft werden kann. Da Design-Experimente in realen Bildungssituationen stattfinden, ist es kaum bis gar nicht möglich, eine bestimmte zu überprüfende Variable zu separieren und zu kontrollieren. Dies erschwert den Einsatz statistischer Verfahren, die eine statistische Signifikanz nachweisen könnten oder macht sie sogar unmöglich. Forscher können dieser Schwierigkeit insofern entgegenarbeiten, indem sie versuchen, das Design so gut wie möglich zu entwerfen und durch intensive Beobachtungen und Analysen Schlussfolgerungen zu ziehen (Collins et al. 2004).

Die Entwicklung und Evaluation einer Intervention als eigenständigen Teil von Forschung zu betrachten, unterscheidet Design-Based Research von anderen Forschungsrichtungen, die die Intervention häufig mehr als Mittel zum Zweck verstehen, deren Wirkung es zu erproben gilt.

Die Theorien – How, when, and why it works?

Durch das Zusammenspiel der Schaffung wirksamer Interventionen in realen Bildungssituationen und der gleichzeitigen Entwicklung wissenschaftlicher Theorien soll der Einfluss der bildungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Forschung auf ihre praktische Anwendung und möglicherweise auch auf bildungspolitische Entscheidungen vergrößert werden (van den Akker et al. 2006b).

McKenney und Reeves (2012) schlagen eine Unterscheidung nach der Reichweite der entstandenen Theorien von lokalen Theorien (local theory) über solche mit

mittlerer Reichweite (middle-range theory) bis hin zu Theorien höchster Aussagekraft (high-level theory) vor. Auch wenn die Namensgebung der Theorien eine Wertung nahelegt, sollte sie nicht als Hierarchisierung verstanden werden. Die Reichweite der Theorien resultiert aus den unterschiedlichen Entstehungskontexten und die scheinbar „niedrigeren" Theorien bilden häufig die Grundlage für die Entwicklung der „höheren". Außerdem sollten die drei Theorietypen nicht als klar voneinander abgegrenzte Konstrukte verstanden werden, sondern als drei überlappende Bereiche innerhalb eines Kontinuums, das zwischen Forschungsszenarien begrenzter Bedingungen und Aussagekraft und solchen Szenarien mit großen Probandenzahlen und hoher Repräsentativität aufgespannt ist.

Lokale Theorien entstehen, wenn das untersuchte Phänomen mehrfach unter klar definierten, aber die Aussagekraft begrenzenden Bedingungen untersucht wird, z. B. wenn mehrere Zyklen einer Intervention in wenigen Versuchsgruppen durchgeführt werden. Dies ist aus ökonomischen und pragmatischen Gründen häufig – aber nicht zwangsläufig – der Fall, wenn Interventionen in realen Bildungssituationen entwickelt und durchgeführt werden. Die Bedingungen, unter denen die Untersuchung durchgeführt wird, beeinflussen die Aussagekraft des untersuchten Phänomens bzw. der untersuchten Phänomene. Lokale Theorien sollten immer im engen Zusammenhang mit ihren Entstehungsbedingungen verstanden und interpretiert werden. Sie beschreiben, erklären oder treffen Vorhersagen in einem durch die Versuchsbedingungen begrenzten theoretischen Rahmen. Sie können auch als Anstoß oder Grundlage für sich anschließende Forschungsprojekte wirken.

Theorien mittlerer Reichweite stellen Bindeglieder zwischen lokalen Theorien und Theorien höchster Aussagekraft dar. Sie entstehen, wenn Phänomene und Wirkungen durch mehrfachen Einsatz der zu entwickelnden Intervention in unterschiedlichen Kontexten untersucht werden, z. B. wenn mehrere Durchgänge einer Intervention in verschiedenen Versuchsgruppen unterschiedlicher Voraussetzungen durchgeführt werden. Auch Sie können beschreibende, erklärende oder vorhersagende Wirkungen haben.

Theorien höchster Aussagekraft entstehen aus der Synthese mehrerer Theorien mittlerer Reichweite oder wenn verschiedene ähnliche Phänomene und Wirkungen mehrfach in unterschiedlichen Kontexten untersucht werden. Dieser Theorietyp wird nur verhältnismäßig selten erreicht. Theorien höchster Aussagekraft ermöglichen Beschreibungen, Erklärungen oder Vorhersagen auch für weniger klar definierte Kontexte oder diversere Bedingungen (McKenney und Reeves 2012).

2.1.4 Charakteristika

Design-basierte Forschungsprojekte sind vielfältig. Sie werden in unterschiedlichen Fachrichtungen mit unterschiedlichen Zielsetzungen und im Ergebnis mit sich z. T. stark unterscheidenden Endprodukten durchgeführt. Am Abschluss eines design-basierten Forschungsprojektes kann ein entwickeltes Produkt in Form einer konkreten Intervention, die Beschreibung eines Prozesses oder Programms oder auch eine veränderte bildungspolitische Entscheidung stehen (McKenney und Reeves 2012). Design-basierte Forschung kann in sehr verschiedenen Settings durchgeführt werden, die sich von Experimenten, an denen je nur ein Forscher und ein Proband beteiligt sind, bis hin zur Untersuchung mehrerer Schulen und Institutionen durch ein Forscherteam erstrecken können (Cobb et al. 2003).
Die folgend genannten Kriterien wurden von führenden Forschern des Design-Based Research-Ansatzes u. a. von McKenney, van den Akker, Gravemeijer und Anderson identifiziert und können zur Charakterisierung design-basierter Forschung herangezogen werden (Anderson und Shattuck 2012; van den Akker et al. 2006b). Sie sollten als typische, aber nicht als verpflichtende Charakteristika verstanden werden.

1. Entwicklung und Überprüfung einer Intervention in realen Bildungssituationen
Am Beginn eines Forschungsprojektes design-basierter Forschung steht in der Regel ein bisher ungelöstes Problem der Bildungspraxis. Ein Ziel besteht darin, eine Lösung für dieses Problem in Form einer Intervention zu entwickeln, die zu einer Verbesserung der Praxis führt.

2. Design als Gegenstand der Forschung
Design-Based Research versteht Design, also die Gestaltung und Entwicklung von Interventionen, als Teil des Forschungsprozesses. Design fungiert in diesem Prozess als „Kristallisationspunkt für systematische Lernprozesse und [...] Quelle für die Entwicklung von Theorien“ (Reinmann 2005, S. 9). Die Entwicklung des Designs erfolgt meist unter Berücksichtigung theoretischer Grundlagen des Lehrens und Lernens. Ebenso fließen eine ausführliche Analyse des Kontextes sowie Erfahrungen und Subjektive Theorien von Praktikern in das Design mit ein (Juuti und Lavonen 2006; McKenney und Reeves 2012).

3. Iteratives Vorgehen
Design-Based Research enthält kontinuierliche Zyklen von „Analyse und Exploration“, „Design und Konstruktion“ und „Evaluation und Reflexion“. Die Evaluationsergebnisse jedes Zyklus fließen in das Design des nächsten Zyklus ein. Auf diese Weise wird die Intervention kontinuierlich weiterentwickelt, bis die angestrebten Ziele des Projektes erreicht sind oder bis das Projekt begründet beendet wird.

4. Prozess-Orientierung
Design-basierte Forschungsprojekte nehmen den Prozesscharakter des Lehrens und Lernens in den Blick. Sie betrachten weder die Intervention noch das Lernen der Schüler als Black-Box. Stattdessen versuchen sie zu verstehen, wie Lernen und Lehren funktioniert, um so ihre Interventionen zu verbessern.

5. Nutzen-Orientierung
Der Wert der Intervention wird daran gemessen, ob sie im Einsatz in realen Bildungssituationen das an sie gestellte Ziel erreicht.

6. Theorie-Orientierung
Für die Gestaltung des Designs werden theoretische Grundlagen herangezogen und empirisch überprüft. Die Ergebnisse der Evaluationen und Reflexionen über den Forschungsprozess werden für die (Weiter-)Entwicklung neuer Theorien genutzt.

7. Kollaborative Partnerschaft zwischen Forschern und Praktikern
Die enge Anbindung des Forschungsgegenstandes an die Bildungspraxis macht die direkte Zusammenarbeit von Forschenden und Praktikern notwendig. Bei erfolgreicher Zusammenarbeit kann diese Kooperation für beide Seiten gewinnbringend sein.

8. Einsatz unterschiedlicher Untersuchungs- und Auswertungstechniken (Mixed Methods)
Aufgrund der Komplexität realer Bildungssituationen ist eine Erhebung aller die Situation beeinflussenden Variablen unmöglich. Um einen möglichst umfassenden Überblick über die das Lehren und Lernen beeinflussenden Variablen zu erhalten, sollten unterschiedliche Untersuchungs- und Auswertungsmethoden (z. B. quantitative und qualitative Evaluationsinstrumente) eingesetzt und unter Triangulation der erhaltenen Informationen ausgewertet werden.

2.1.5 Kritik

Der Design-Based Research-Ansatz stand als verhältnismäßig junger und noch nicht in allen Dimensionen ausdifferenzierter Ansatz häufiger in der Kritik. Einige der geäußerten Kritikpunkte sind nicht spezifisch für den Forschungsansatz, sondern entstehen aus dem oft hohen Anteil qualitativer Forschung in design-basierten Projekten. Die Reihenfolge, in der die Kritikpunkte nachfolgend vorgestellt werden, ist zufällig gewählt und sollte nicht als Gewichtung verstanden werden. Darüber hinaus erhebt diese Darstellung keinen Anspruch darauf, alle gegenüber Design-Based Research geäußerten Kritiken darzustellen, sondern beschränkt sich auf einige wesentliche Kritikpunkte.

Aufgrund der Verortung von Design-Experimenten in realen Bildungssituationen werden Erfolg und Misserfolg der entwickelten Interventionen von vielen durch den Forscher nicht kontrollierbaren Variablen beeinflusst (Collins et al. 2004). Es ist häufig nicht möglich, einen eindeutigen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang zu beschreiben. Um die Gefahr zu umgehen, eine entscheidende Variable nicht erhoben zu haben, streben Forscher eine so weit wie möglich ausführliche Beschreibung aller Variablen sowie des Gesamtzusammenhangs an. Aus diesem Versuch, diese Schwierigkeit design-basierter Forschung zu umgehen, entstehen wieder neue Schwierigkeiten. Die – zur Sicherheit – erhobenen Datenmengen sind häufig so groß, dass eine umfassende Auswertung aller Daten aufgrund eingeschränkter Ressourcen nur in den seltensten Fällen möglich ist. Die umfassende Erhebung möglichst vieler Variablen erschwert somit nicht nur die Umsetzung des Projektes, es können aufgrund der Vielzahl auch nur ausgewählte Daten in die Auswertung eingehen, was es erschwert, verallgemeinerbare Schlussfolgerungen zu ziehen (Collins et al. 2004; Juuti und Lavonen 2006). Darüber hinaus läuft der Forscher Gefahr – bewusst oder unbewusst – Daten so auszuwählen, dass diese seine These stützen. Der Forscher sollte sich dieser Problematik während der Auswahl des Datenmaterials bewusst sein und eine verfälschende Wahl so weit wie möglich vermeiden. Darüber hinaus sollte das Datenmaterial, zumindest auf Nachfrage, vollständig der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden (Brown 1992).

Unter anderem aufgrund der großen Datenfülle, die häufig aus design-basierten Projekten resultiert, und dem Unvermögen des Forschenden, alle Variablen in realen Bildungssituationen zu variieren, sieht Dede die Gefahr, dass derartige Projekte sich in ihrer eigenen Methodik verlieren und darüber hinaus den wissenschaftlich interessanten Inhalt aus den Augen verlieren können.

> „Certainly, underconceptualizing and overmethodologizing is not intrinsic to DBR[5], and some DBR studies result in valuable findings using elegant collection and analysis strategies. Still, the trap of too little thought and too much method is one into which DBR can easily fall, believing that large amounts of data enable one to build on the shifting sands of uncontrolled variables, morphing interventions, and changing research strategies. (Dede 2004, S. 107)

Entgegengesetzt zu dieser Kritik galt Design-Based Research in den ersten Jahren seiner Entstehung noch als zu wenig theoretisch fundiert und von anderen Forschungsansätzen abgegrenzt. Als Reaktion hierauf entbrannte eine international geführte Debatte, die die theoretische Fundierung voranbringen sollte (vgl. van den Akker et al. 2006a).

Shavelson et al. (2003) kritisierten den Hang vieler design-basierter Projekte zur Narrativität und die damit verbundene mangelnde Genauigkeit und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse. Die starke Kontextgebundenheit und daraus resultierende mangelnde Verallgemeinerbarkeit des in einem Kontext als erfolgreich entwickelten Designs bezeichnet auch Collins als methodische Grenze, die in jeder Evaluation bedacht werden sollte (Collins et al. 2004).

2.1.6 Abgrenzung zu anderen Forschungsansätzen

Design-Based Research versteht sich keinesfalls als Ersatz für bereits etablierte Forschungsansätze, sondern vielmehr als Ergänzung zu diesen (Collins et al. 2004; Dede 2005). Eine Gegenüberstellung von Design-Based Research zu Labor-Studien, ethnographischen Studien und Forschungsprojekten der Aktionsforschung zeigt Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Forschungsmethoden. Die Auswahl der Forschungsansätze, die dem Design-Based Research-Ansatz gegenübergestellt werden, resultiert aus dem Versuch, diesen Ansatz innerhalb der bestehenden Forschungslandschaft einzuordnen. Dazu wurden zwei konzeptionell sehr unterschiedliche Forschungsansätze, Labor-Studien und ethnografische Studien, gewählt. Eine Gegenüberstellung des Design-Based Research-Ansatzes mit Ansätzen der Aktionsforschung erscheint insofern von Bedeutung, weil die Abgrenzung dieser Forschungsrichtungen aufgrund einer Vielzahl an Gemeinsamkeiten nicht offensichtlich ist, sondern einer detaillierten Betrachtung bedarf.

[5] Design-Based Research

Laborstudien

Seit seinen Anfängen identifiziert sich der Design-Based Research-Ansatz über seine Differenzen zu klassischen psychologischen Laborstudien (Brown 1992). Collins (2004) verglich psychologische Laborstudien und Design-Experimente, die Lehren und Lernen untersuchten, und fasste ihre Unterschiede in sieben Themenschwerpunkten wie folgt zusammen:

1. Die Umgebung: Labor vs. „messy situation“
   Forschung im Labor findet immer auch in Laborsituationen statt. Das vom Forscher entwickelte und bereitgestellte Umfeld sowie die Atmosphäre sind den Probanden meist ungewohnt. In design-basierten Projekten tritt meist der Forscher in die Lebens- und Ausbildungssituation des Probanden ein. Im Labor können Ablenkungen vermieden werden, im Bildungsalltag ist dies nicht immer möglich. Die Forschungsmaterialien werden im Labor in der Regel sehr ausführlich vorbereitet und auf die Probanden zugeschnitten. Auch wenn das Maß der Vorbereitung in design-basierten Projekten der Arbeit im Labor in nichts nachsteht, können die Materialien aber nicht auf alle Probanden angepasst werden.

2. Eine abhängige Variable vs. viele abhängige Variablen
   Um die Erkenntnisse aus Forschungsergebnissen möglichst präzise formulieren zu können, wird in den meisten Experimenten im Labor nur eine einzelne abhängige Variable betrachtet. In Design-Experimenten ist es aufgrund der Verortung in realen Bildungssituationen nicht möglich, nur eine abhängige Variable zu berücksichtigen. Der Forscher wird für die Auswertung seiner Arbeit mehrere Variablen betrachten müssen, wobei er nie alle berücksichtigen kann.

3. Kontrolle der Variablen vs. Charakterisierung der Situation
   In Laborsituationen, in denen nur eine abhängige Variable betrachtet werden soll, werden alle anderen abhängigen Variablen kontrolliert und so weit wie möglich konstant gehalten. In Design-Experimenten wird nicht angestrebt, Variablen konstant zu halten, da dies die realen Bildungssituationen verfälschen würde. Stattdessen sollen alle relevanten Variablen als solche identifiziert und die Gesamtsituation charakterisiert werden.

4. Festgelegte Vorgehensweisen vs. flexible Design-Überprüfungen
   Versuchsdurchführungen in Laborsituationen folgen immer vorher festgelegten Abläufen. Veränderungen sind nur während der Vorstudien erlaubt. Sobald das Projekt in die finale Phase der Datenerhebung eingetreten ist, sind Änderungen nicht mehr vorgesehen. Auch die Materialien und Abläufe in design-basierten Experimenten werden im Vorlauf zu der ersten Durchführung des Experiments vorbereitet. Im Gegensatz zu Laborexperimenten können Abläufe und Materialien hier aber auch während der Durchführung des Projektes als Folge einer (Zwischen-)Evaluation begründet angepasst werden.

5. Soziale Isolation vs. Soziale Interaktion
   In der Mehrzahl der Laborexperimente lernen die Probanden allein oder in kleinen Gruppen (vgl. auch Brown 1992). Häufig besteht keine Möglichkeit der Kommunikation mit anderen Lernenden oder dem Lehrer, denn nur so kann ein Lernfortschritt direkt auf den Probanden zurückgeführt werden. Design-Experimente unterscheiden sich bezüglich des sozialen Settings sehr von solchen Laborexperimenten, da sie in der Regel innerhalb einer Lerngruppe, z. B. einer Klasse, stattfinden. Der Lehrer erfüllt auch weiterhin seine Lehrerrolle und steht für Nachfragen oder Anregungen zur Verfügung.

6. Hypothesen überprüfen vs. ein Profil entwickeln
   Vor der Durchführung psychologischer Experimente werden eine oder mehrere Hypothesen formuliert, die durch das Experiment überprüft werden sollen. Für Design-Experimente ist die Formulierung von Hypothesen zwar möglich, aber nicht in allen Fällen nötig oder sinnvoll, da ihr Augenmerk mehr auf der umfassenden Beschreibung und (Weiter-)Entwicklung des Designs liegt. Hierfür müssen immer mehrere Variablen betrachtet werden, die nicht in einer linear formulierten Hypothese zusammengebracht werden können.

7. Versuchsleitung und Proband vs. Partner
   Die Initiative, die Zielsetzung, das Untersuchungsdesign und die Methodik der Auswertung von Laborexperimenten gehen von einem Forscher oder einem Team aus. Die Probanden sind nur für die Dauer der Durchführung in das Projekt eingebunden und haben keinen Einfluss auf die o. g. Faktoren. In Design-Experimenten nehmen Lehrende die Rolle aktiver Partner der

Forscher ein. Sie erhalten Mitspracherecht bezüglich grundlegender Entscheidungen wie z. B. der Zielsetzung oder des Untersuchungsdesigns. Als Experten können sie die Entwicklung und Evaluation des Designs voranbringen.

Ethnografische Studien

Das Forschungsfeld der Ethnografie ist die soziale Lebenswelt. Sie strebt danach, das soziale Zusammenleben sowie organisatorische und kulturelle Ausprägungen einer begrenzten Gruppe von Menschen zu beschreiben und so gut wie möglich zu verstehen. Inwieweit es möglich ist, eine beobachtete Menschengruppe zu verstehen, ohne als Forscher in sie einzutauchen und so den objektiven Blick des Wissenschaftlers aufzugeben, ist bis heute umstritten (Bortz und Döring 2006; Thomas 2010).

Ethnografische Studien finden, wie Design-Based Research-Projekte, nicht in von Forschern vorbereiteten und beeinflussbaren Umgebungen, sondern in realen Alltagssituationen statt. Eine Kontrolle einzelner Variablen durch die Forscher ist unter diesen Bedingungen nicht möglich, wird aber auch nicht angestrebt, denn ethnografische Studien sollen Verhältnisse der beteiligten Akteure zueinander beschreiben, auftretende Ereignisse analysieren und erklären.

Gemeinsamkeiten beider Ansätze bestehen darin, dass sie sich in der realen Lebenswelt von Menschen bewegen und diese analysieren. Um die sich bietende Diversität angemessen beobachten und analysieren zu können, greifen sie auf vielfältige Methoden der Beobachtung und Evaluation zurück, wobei häufig qualitative und quantitative Methoden durch Triangulation miteinander kombiniert werden. Der Unterschied zwischen Ethnografie und Design-Based Research besteht darin, dass der Ethnograf die Umwelt ausschließlich beobachtet und beschreibt. Er vermeidet so weit wie möglich, die beobachtete Umwelt zu beeinflussen. Der Forscher in einem Design-Based Research-Projekt konzipiert die Intervention, die er beobachtet, selbst und greift so in die Umwelt ein, ohne eine Kontrolle aller Variablen anzustreben.

Aktionsforschung

Der Begriff Aktionsforschung bezeichnet einen Forschungsansatz, der soziale Probleme und Interventionen sowie deren Effekte und Veränderungen in einem realen sozialen Umfeld betrachtet. Er wird originär auf den amerikanischen Psychologen Kurt Lewin (1953) zurückgeführt, der die wirtschaftliche und soziale Diskriminierung von Minderheiten untersuchte und Ansätze zur Veränderung entwickelte. Typischerweise werden die Untersuchungsteilnehmer aktiv in den Forschungsprozess eingebunden. Einem „emanzipatorischen Wissenschaftsverständnis“ (Bortz

und Döring 2006, S. 342) folgend, sind Forscher und Untersuchungsteilnehmer bezüglich Zielsetzung und Methodenwahl gleichberechtigt. Den Untersuchungsthemen soll eine unmittelbare praktische Relevanz innewohnen, so dass die Forschung ihren Beitrag zur Lösung sozialer Probleme liefern kann. Außerdem wird eine Verknüpfung des Erkenntnisprozesses mit systematischen Veränderungen am Design angestrebt. Im Gegensatz zur angewandten Forschung, in der die Phasen der Veränderung und die Evaluation hintereinander ablaufen, sollen in Projekten der Aktionsforschung neue Erkenntnisse sofort an die Untersuchungsteilnehmer weitergegeben werden. Diese direkte Rückkopplung ermöglicht den Forschern im Sinne dialogischer Wahrheitsfindung tiefere Einblicke in die erforschte Lebenswelt (Bortz und Döring 2006).

Seit ihrer Begründung durch Lewin hat Aktionsforschung nicht nur verhältnismäßig schnell an Akzeptanz innerhalb der Forschung gewonnen, sondern sie hat sich auch in Abhängigkeit von den Zielen und den beteiligten Forschern stark ausdifferenziert (Noffke 1994). Nachfolgend werden zwei, auch im deutschen naturwissenschaftsdidaktischen Forschungskontext beheimatete Ausdifferenzierungen von Aktionsforschung kurz vorgestellt: die Praktiker-orientierte Aktionsforschung und die partizipative fachdidaktische Aktionsforschung. Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser beiden Forschungsrichtungen werden im Vergleich zu Design-Based Research und der speziellen Anwendung innerhalb des vorgestellten Projektes dargestellt.

Für die erziehungswissenschaftliche Lehr-Lern-Forschung haben Altrichter und Posch (1998), aufbauend auf den Arbeiten von Elliott´s „teacher as researcher"-Aktionsforschung (Elliott 1991), eine Praktiker-orientierte Aktionsforschung entwickelt, die Aktionsforschung als „systematische Untersuchung beruflicher Situationen, die von Lehrerinnen und Lehrern selbst durchgeführt wird, in der Absicht, diese zu verbessern", definiert (Altrichter und Posch 1998 nach Elliott 1981, S. 13).

Im Mittelpunkt der Forschung steht hier kein professioneller Forscher, sondern der Praktiker, im Falle der Schule also der Lehrer. Die zu bearbeitende Problemstellung erwächst in der Regel aus Problemen innerhalb seines beruflich-sozialen Umfeldes. Das von dem Praktiker festgelegte Ziel besteht im Wesentlichen in der konkreten Weiterentwicklung der Praxis und/oder seiner individuellen Professionalität (Ralle und Di Fuccia 2014). Innerhalb längerfristiger Forschungs- und Entwicklungszyklen, in denen sich Aktion und Reflexion abwechseln und miteinander in Beziehung gesetzt werden, entwickeln Aktionsforscher eine verbesserte Informationsbasis, die ihnen für die nächste Phase des Forschungszyklus zur Verfügung steht.

Design-Based Research und Praktiker-orientierte Aktionsforschung weisen viele epistemologische, ontologische und methodische Gemeinsamkeiten auf. Dies erschwert eine klare Abgrenzung der beiden Forschungsansätze (Anderson und Shattuck 2012). Gemeinsam ist beiden Ansätzen die Zielsetzung, praktische Probleme durch mehrfache Wiederholung und Veränderung konkreter Handlung und Reflexion und unter Berücksichtigung pädagogischer Werte und Ziele zu lösen. Auf diese Weise wird die Professionalität der Lehrenden gesteigert und ihre Praxis verbessert (Altrichter 2006). Für beide Ansätze wird eine Veröffentlichung der Ergebnisse angestrebt. Unterschiede zwischen beiden Ansätzen betreffen das Verhältnis von Lehrenden und professionellen Forschern sowie den Grad der Theorieorientierung. Während Design-Based Research eine kooperative Partnerschaft zwischen Forschern und Lehrenden anstrebt, agiert der aktionsforschende Lehrer zunächst autonom. Er sollte in eine „professionelle Gemeinschaft“ (Altrichter und Posch 1998, S. 18) eingebettet werden, zu der zuerst einmal forschende Lehrerkollegen zählen. Wissenschaftler und Lehrerfortbilder können bei Bedarf als „kritische Freunde“ und Berater hinzugezogen werden. Die volle Verantwortung und Entscheidungsgewalt für das Projekt, seine Ausrichtung und Dauer verbleibt aber bei dem forschenden Lehrer (Altrichter und Posch 1998). Design-based Research weist eine stärkere Theorieorientierung auf als die Praktiker-orientierte Aktionsforschung. Während in der design-basierten Forschung die Schaffung wissenschaftlicher Theorien, die die entwickelte Intervention und ihre Wirkung beschreiben, als gleichwertiges Ziel zur Entwicklung dieser Intervention betrachtet wird, strebt Aktionsforschung nach Altrichter und Posch zunächst nach situativem Verstehen. Das Ziel, „allgemeine Aspekte der Situation herauszupräparieren“ (Altrichter und Posch 1998, S. 16), ist nachrangig.

Einen etwas anderen Ansatz der Aktionsforschung entwickelten Eilks und Ralle speziell für die chemiedidaktische curriculare Entwicklungsforschung (Eilks und Ralle 2002). Die partizipative fachdidaktische Aktionsforschung orientiert sich bezüglich ihrer Zielsetzung – nach Angaben ihrer Begründer – am ehesten an der „Partizipatory Action Research“ nach Whyte, die aus der klassischen Aktionsforschung nach Lewin hervorgegangen ist. Diese Form der Aktionsforschung ist weniger an den Wünschen und Zielsetzungen des Praktikers orientiert, sondern konzentriert sich auf die Interessen und Forschungsfragen des externen Wissenschaftlers. Dessen „Erkenntnis- und Veränderungsinteresse“ fokussiert nicht auf die Entwicklung des einzelnen Lehrenden, sondern erweitert den Blick auf die

„Entwicklung, Evaluation, Dokumentation, Implementation und Verbreitung verbesserter bzw. neuer Unterrichtskonzepte und Medien zur Weiterentwicklung unterrichtlicher Praxis in möglichst vielen Lerngruppen sowie um die Generierung allgemeiner Erkenntnisse über unterrichtliche Lehr- und Lernprozesse“ (Eilks und Ralle 2002, S. 14). Wie die Praktiker-orientierte Aktionsforschung gliedert sich auch die partizipative fachdidaktische Aktionsforschung in die Phasen Planung, Aktion, Evaluation und die Rückmeldung der Forscher an die Praktiker, die in der Regel mehrere Wiederholungszyklen durchlaufen, bevor das Projekt zu seinem Abschluss kommt. Die Fragen- und Problemstellungen, die das Forschungsprojekt anstößt, entstehen in der Praxis. Aufbauend auf der ursprünglichen Fragestellung werden dann die genannten Phasen durchlaufen und führen zu Erkenntnissen, die in den nächsten Zyklus integriert werden. Das wiederholte zyklische Durchlaufen von Planung, Aktion, Evaluation und Rückmeldung führt zu einer schrittweisen Veränderung und idealerweise zu einer Verbesserung der Praxis. Aufgrund der Implementation dieses Forschungsdesigns in reale Bildungssituationen tragen Forscher dieses Designs eine über das Normale hinausgehende ethische Verantwortung. Neben den üblichen ethischen Aspekten, die in jedem Forschungsprojekt berücksichtigt werden sollten, muss in Projekten der partizipativen fachdidaktischen Aktionsforschung, sobald sie in die Praxis gehen, immer gewährleistet sein, dass sich die erforschten Inhalte nicht negativ auf die Schüler oder Lehrer auswirken. So muss z. B. für alle Beteiligten jederzeit ein Wechsel zwischen dem neuen Konzept und dem ursprünglichen Konzept möglich sein, ohne dass dies für eine oder beide Personengruppen Nachteile mit sich bringt (Eilks und Ralle 2002).

Partizipative Aktionsforschung wurde bisher für die Entwicklung schulischer curricularer Interventionen beschrieben und erprobt. Daher wird das in dieser Arbeit vorgestellte Forschungsprojekt, das sich mit der Entwicklung einer universitären Intervention beschäftigt, nicht der partizipativen Aktionsforschung, sondern der Design-basierten Forschung zugerechnet. Darüber hinaus fordern die Entwickler der partizipativen fachdidaktischen Aktionsforschung die Zusammenarbeit externer Forscher mit Praktikern. In diesem speziellen Projekt sind aber Forschende und Lehrende Mitarbeiter eines Teams. In Bezug auf mindestens eine Lehrende kann keine konsequente Trennung dieser beiden Rollen vorgenommen werden.

Eine Übertragung des Ansatzes der partizipativen Aktionsforschung auf universitäre Lehre wäre generell möglich und sinnvoll. In diesem Fall würden die beiden Ansätze umfassend ineinander aufgehen. Eine Unterscheidung wäre auch aufgrund der sehr weiten Definition design-basierter Forschung nicht mehr möglich.

2.2 Strukturmodell design-basierter Forschung

Design-Based Research kann aufgrund der großen Diversität der diesen Forschungsansatz verwendenden Fachrichtungen und deren internen Ausdifferenzierungen, der Vielfalt der Fragestellungen und der nicht einheitlichen Methodologie nicht als einheitliche Forschungsrichtung verstanden werden. Besser ist ein Verständnis als Rahmenansatz (Reeves 2000; Reinmann 2007), der in Abhängigkeit von der Fachrichtung, der Fragestellung und der konkreten Zielsetzung der Forscher und Praktiker interpretiert und mit den passenden Methoden gefüllt wird. Einige strukturelle Gemeinsamkeiten finden sich in der Mehrzahl der Forschungsprojekte des Design-Based Research-Ansatzes. Aus Darstellungen zur idealtypischen Strukturierung von Projekten des Design-Based Research-Ansatzes (Cobb et al. 2003; van den Akker et al. 2006a; McKenney und Reeves 2012), wurde ein Strukturmodell (Abbildung 3) entwickelt, das als Leitfaden für die Darstellung des vorgelegten Forschungsprojektes eingesetzt wird.

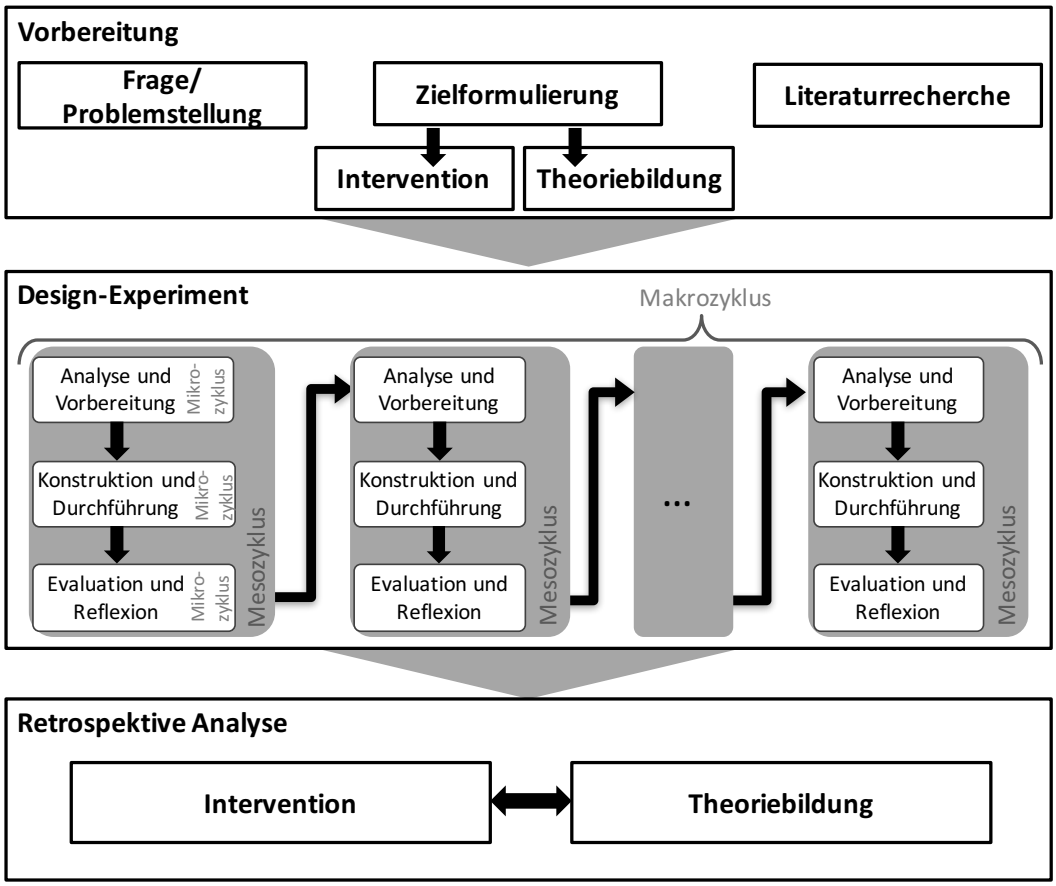


Abbildung 3: Strukturmodell Design-Based Research[6]

[6] Die erste Veröffentlichung dieses Modell erfolgte am 20.11.2014 im fächerübergreifenden Doktorandenkolloqium der Naturwissenschaftsdidaktiken an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. In englischer Sprache wurde das Modell erstmals 2018 von Rohrbach und Marohn in „Research in Subject-matter Teaching and Learning“ (RISTAL) veröffentlicht.

Das hier dargestellte Modell beschreibt einen idealisierten Verlauf eines design-basierten Forschungsprojektes. Sein Verlauf folgt einem Dreischritt aus Vorbereitung, dem Design-Experiment und der Retrospektiven Analyse (Cobb et al. 2003; Gravemeijer und Cobb 2006). Das Design-Experiment selbst wird als Abfolge mehrerer Mesozyklen beschrieben, die zusammen einen Makrozyklus bilden. Jeder Mesozyklus kann wiederum in drei Phasen, die Mikrozyklen („Analyse und Vorbereitung", „Konstruktion und Durchführung" und „Evaluation und Reflexion"), unterteilt werden, die in dieser Reihenfolge durchlaufen werden. Zu jeder Zeit ist auch ein Rückschritt in eine der früheren Phasen möglich (McKenney und Reeves 2012). Die Phasen, ihre Charakteristika und ihre Beziehungen zueinander werden nachfolgend beschrieben.

Vorbereitung des Design-Experiments

Während der Vorbereitungsphase wird die das Forschungsprojekt anregende Frage- oder Problemstellung formuliert, konkretisiert und vorläufig festlegt. Die theoretischen Hintergründe des Projektes sowie die angestrebten Ziele werden möglichst umfassend und ausführlich dargestellt.

Frage- oder Problemformulierung

Am Beginn der Vorbereitung steht meist die Formulierung des Problems, das die Forscher inspiriert hat. Forschungsprojekte, die dem Design-Based Research-Ansatz folgen, entstehen häufig aus Problemstellungen der Bildungspraxis. Alternativ können sie sich auch auf Literaturrecherchen stützen, die eine Problemstellung aufzeigen, die nur durch einen engen Bezug zur Praxis gelöst werden kann. Aus dieser ersten Problemstellung wird eine vorläufige Frage- oder Problemstellung formuliert, die den Ausgangpunkt des Forschungsprojektes darstellt. Sowohl die Formulierung dieser Frage- oder Problemstellung als auch ihr inhaltlicher Schwerpunkt können im Verlauf des Projektes begründet verändert werden (Cobb et al. 2003; McKenney und Reeves 2012).

Ziele

Die Zielformulierung beinhaltet immer die Darstellung mindestens eines die Praxis und eines die Theoriebildung betreffenden Zieles (Collins et al. 2004). Das die Praxis betreffende Ziel kann z. B. die Entwicklung einer Intervention für eine konkrete Problemstellung sein. Bei Interventionen, die zur Verbesserung oder Veränderung von Lernprozessen entwickelt werden, wie z. B. Unterrichtseinheiten oder mediale

Angebote wie Lernprogramme, bedeutet dies, dass Lernziele formuliert werden müssen. Was gelernt werden soll, kann nur in seltenen Fällen aus bereits etablierten Zielvorgaben, wie z. B. Lehrplänen, übernommen werden. Stattdessen sollen die Forschenden die wichtigsten und sinnvollsten Ziele aus fachlicher sowie pädagogischer Sicht erarbeiten (Gravemeijer und Cobb 2006).
Die Theoriebildung kann vorangebracht werden, indem Lernprozesse analysiert und in einen theoretischen Rahmen eingeflochten werden. Die zu Beginn des Projektes formulierten Ziele müssen nicht bis zum Abschluss unverändert bleiben oder zwangsläufig erreicht werden. Sie können im Verlauf des Projektes immer wieder überarbeitet und an neue Erkenntnisse angepasst werden (Gravemeijer und Cobb 2006).

Literaturrecherche zu grundlegenden Themen

Wie in den meisten Forschungsprojekten steht auch am Anfang der meisten Design-Based Research-Projekte eine intensive Literaturrecherche, die den Forschern einen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung zu ihrer jeweiligen Problemstellung gibt.
Die Literaturrecherche ist genauso prozesshaft zu verstehen wie das ganze Forschungsprojekt. Zu Beginn der Arbeit wird der Forscher alle ihm für seine Arbeit interessant erscheinende Literatur sichten und bearbeiten. Da sich mit dem Fortgang des Projektes die Perspektive oder der Interessenschwerpunkt ändern kann, darf die Beschäftigung mit Arbeiten anderer Wissenschaftler aber nie als abgeschlossen gelten. Wird in der Präsentation eines design-basierten Forschungsprojektes ein Überblick über die grundlegende Literatur gegeben, so sollte dieser als Auswahl des Autors verstanden werden. Ein solcher Überblick kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Er kann weder einen umfassenden Überblick über das gesamte Themengebiet liefern noch stellt er die Arbeit des Verfassers umfassend dar.

Rahmenbedingungen schaffen

Wie für jedes Forschungsprojekt müssen auch für ein design-basiertes Forschungsprojekt die nötigen finanziellen, organisatorischen und personellen Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit es erfolgreich durchgeführt werden kann. Die besondere Herausforderung design-basierter Projekte ergibt sich aus der engen Zusammenarbeit von Forschern und Lehrenden. Der das Projekt initiierende Forscher muss sich zu Beginn des Projektes um Kooperationspartner bemühen. Das Verhältnis zwischen Forschern und Lehrenden kann nach Wagner durch drei

Formen der Zusammenarbeit beschrieben werden (McKenney und Reeves 2012; Wagner 1997). Im „extractive mode“ streben die Forscher nach einem Erkenntnisgewinn. Sie rekrutieren die Lehrenden als Forschungsobjekte, mit deren Hilfe neue Forschungsergebnisse gewonnen werden können, die primär den Forschenden zu Gute kommen. Design-basierte Projekte, die dem „clinical mode“ zugeteilt werden, stärken das Erkenntnisstreben der Lehrenden. In diesen Projekten streben sowohl die Forscher als auch die Lehrenden nach Erkenntnisgewinn, wobei der Beobachtungsschwerpunkt auf den Lehrenden und ihrem Verhalten liegt. In „co-learning agreements“ sind sowohl die Lehrenden als auch die Forschenden im Blickpunkt des Interesses. Beide streben nach Erkenntnisgewinn. Um das Arbeitsklima für alle Beteiligten möglichst positiv zu gestalten, sollte das Verhältnis und die damit verbundenen Anforderungen bereits zu Beginn für alle klar formuliert werden.

Design-Experiment

Sobald die Vorbereitungen abgeschlossen sind, tritt das Design-Based Research-Projekt in die Phase des eigentlichen Design-Experiments ein. Diese Phase setzt sich wiederrum aus mehreren Phasen zusammen. McKenney und Reeves (2012) bezeichnen die Phasen „Analyse und Beschreibung“, „Konstruktion und Durchführung“ und „Evaluation und Reflexion“ als Mikrozyklen. Zusammen stellt dieser Dreischritt einen Mesozyklus dar. Aus der „Evaluation und Reflexion“ eines Mesozyklus kann sich in einem Design-Based Research-Projekt wieder eine neue „Analyse und Vorbereitungs“-Phase entwickeln, die die Umsetzung eines weiteren Mesozyklus einleitet. Die Anzahl der Mesozyklen, die in einem Design-Based Research-Projekt iterativ durchlaufen werden, ist nicht vorgegeben, sondern ergibt sich aus der Fragestellung sowie den Rahmenbedingungen der Forschung. Aufgrund der prinzipiellen Unendlichkeit dieses Forschungsansatzes ergibt sich für die Forschenden die Notwendigkeit, den Forschungsprozess an einem – durch vorher festgelegte Kriterien festgesetzten Zeitpunkt – zu beenden. Die Gesamtheit aller das Projekt umfassenden Mesozyklen wird als Makrozyklus bezeichnet. Charakteristika für diese Phase sind sehr schwer zu formulieren, da jedes Forschungsprojekt in Abhängigkeit von der Problemstellung, der Zielsetzung, den Rahmenbedingungen und den beteiligten Personen individuellen Abläufen und Regeln folgt.

Als Nächstes werden wichtige Aspekte der drei Mikrozyklen beschrieben und erläutert.

Analyse und Vorbereitung

In der Phase der Analyse und Vorbereitung des Design-Experiments wird der Blick von der allgemeinen Frage- und Problemstellung darauf gelenkt, wie diese in der konkreten Lehr-Lern-Realität beantwortet und gelöst werden kann. Da dies nur in den seltensten Fällen innerhalb eines Mesozyklus zu leisten ist, muss die Frage gestellt werden, welcher Anteil der Frage- und Problemstellung in welchem Mesozyklus untersucht werden soll. Während des ersten Durchgangs des Forschungsprojektes wird diese Frage- oder Problemstellung noch stark von der allgemeinen, das Forschungsprojekt übergreifenden Frage- und Problemstellung abhängig sein. Im Verlauf des Projektes werden auch Ergebnisse der Evaluation und Reflexion vorangegangener Mesozyklen in die Formulierung der Frage- und Problemstellung einfließen. Aus der konkretisierten Frage- und Problemstellung werden Ziele für diesen Mesozyklus formuliert und operationalisiert.

Die während der Vorbereitungen des Design-Experiments dokumentierte Literaturrecherche zu grundlegenden Themen des Projektes wird während der ersten Phase des Mesozyklus um weitere Themen ergänzt, die sich aus Überlegungen zu der geplanten konkreten Umsetzung ergeben (McKenney und Reeves 2012).

Außerdem sollte während dieser Vorbereitungsphase eine Analyse der Rahmenbedingungen vorgenommen werden. Hierzu gehört zum Beispiel, dass der institutionelle Rahmen, in dem die Intervention stattfinden soll, beschrieben wird oder dass eine ausführliche Beschreibung der Lerngruppe vorgenommen wird.

Inwiefern Wechselwirkungen zwischen der Phase der Analyse und Vorbereitung und der Phase der Konstruktion und Durchführung möglich und sinnvoll sind, ist von der Art der angestrebten Intervention abhängig. Handelt es sich bei der Intervention z. B. um ein einmalig im Unterricht einzusetzendes Offline-Lernprogramm, so ist während des Einsatzes keine Veränderung möglich. Veränderungen können erst im Anschluss an die Evaluation in einem neu angesetzten Mesozyklus erprobt werden. Während der Entwicklung einer Unterrichtseinheit oder eines Seminars in der Universität sind Veränderungen auch während eines Mesozyklus möglich. Ein regelmäßiger Abgleich zwischen den Rahmenbedingungen, z. B. in Form von Vorwissen und Interesse der Schüler und Studenten und der Konzipierung der Intervention, ist sogar gewünscht und nötig, um den Bedürfnissen der Lernenden gerecht zu werden.

Konstruktion und Durchführung

Alle theoretischen Überlegungen der Vorbereitung und der ersten Phase des Mesozyklus müssen an die reale Bildungssituation angepasst werden. Dies geschieht

während der Konstruktion der Intervention. Die Konstruktion ist in der Regel eine Kombination aus analytischen und kreativen Prozessen, in die Erfahrungen und Intuitionen der Entwickler eingehen (Dede 2005; Krüger 2010; McKenney und Reeves 2012). Eine ausführliche Dokumentation der Konstruktion, sowie der Entscheidungen, die zu dieser Konstruktion geführt haben, sind für die Qualitätssicherung des Forschungsprojektes von entscheidender Bedeutung.

Evaluation und Reflexion

Die während der Durchführung der Intervention gewonnenen Daten werden anschließend ausgewertet. Die Phase bezieht sich auf die Evaluation und Reflexion des Mesozyklus. Die Evaluationsinstrumente und die zur Auswertung genutzten Theorien und Techniken sollten genau wie die Ergebnisse der Evaluation in dieser Phase vorgestellt und ihre Auswahl begründet werden. Die erhaltenen Ergebnisse werden mit Blick auf die Fragestellung des Mesozyklus und mit Blick auf die übergeordnete Frage- bzw. Problemstellung des Forschungsprojektes reflektiert. Wenn aus den Evaluationsergebnissen Schlüsse auf das Lehr-Lern-Geschehen und besonders seinen Prozess gezogen werden können, sollten diese bereits in der Evaluation des Mesozyklus rekonstruiert werden. Ist dies in dieser Phase noch nicht möglich, kann die Rekonstruktion auch noch in der Phase der Retrospektiven Analyse durchgeführt werden.

Aufgrund der besonderen Forschungssituation, die gleichzeitig auch eine reale Bildungssituation darstellt, muss die Evaluation in einem für die Teilnehmenden zumutbaren Maß erfolgen. Das kann dazu führen, dass der Umfang der Evaluation geringer ausfällt als in einer vergleichbaren Laborstudie (vgl. Wilhelm und Hopf 2014). Die Qualitätskriterien der eingesetzten Evaluationsinstrumente sollten trotzdem so gut wie möglich umgesetzt werden.

Für die Evaluation der Intervention entwickelte und eingesetzte Instrumente und Methoden sind nicht spezifisch für design-basierte Forschung. Dem Forschenden stehen qualitative und quantitative Instrumente zur Verfügung. Da nicht auf eine für Design-Based Research-Projekte typische oder charakterisierende Methodik zurückgegriffen werden kann (Reinmann 2013), muss die Wahl der Instrumente sowie deren Einsatz für Externe nachvollziehbar und ausführlich begründet werden. Anhand der Evaluationsergebnisse wird das in der Konstruktionsphase entwickelte Design überprüft und evaluiert, wobei sinnvollerweise die Ergebnisse verschiedener Methoden durch Triangulation zusammengeführt werden. Die Ergebnisse sollten

auch vor dem Hintergrund der Forschungsfrage bzw. der Problemstellung des Mesozyklus reflektiert werden. Die Evaluation und Reflexion kann Schwachstellen oder auch Stärken der Intervention aufdecken und Hinweise für sinnvolle Modifikationen im nächsten Mesozyklus geben (McKenney und Reeves 2012).

Retrospektive Analyse

Die Retrospektive Analyse bildet den Abschluss eines aus mehreren Mesozyklen bestehenden Makrozyklus. Im Gegensatz zur Phase der Evaluation und Reflexion, deren Fokus auf der jeweils vorangegangenen Intervention und deren methodischen und didaktischen Hintergründen liegt, öffnet die Phase der Retrospektiven Analyse den Blick auf alle Phasen des Makrozyklus. Die ursprüngliche Frage- bzw. Problemstellung und die zu Beginn des Projektes gesetzten Forschungsziele rücken wieder in den Vordergrund des Interesses. Anhand aller Evaluations- und Reflexionsergebnisse wird überprüft, ob eine gelungene und wirksame Intervention entwickelt werden konnte. Zusätzlich erfolgt eine Auswertung mit Blick auf die Bildung von Theorien mit dem Ziel, die Ergebnisse auch auf andere didaktische Felder als das primär erprobte anwenden zu können (Cobb et al. 2003; Krüger 2010). Die Phase der Retrospektiven Analyse kann den Abschluss eines Forschungsprojektes bilden. Sie kann aber auch Ausgangspunkte für neue Forschung liefern oder weitere Fragestellungen aufwerfen (Wilhelm und Hopf 2014).

2.3 Bedeutung des Forschungsansatzes Design-Based Research für diese Arbeit

Die Entwicklung und Weiterentwicklung des Seminars erfüllt wichtige Kriterien der design-basierten Forschung. Die der Arbeit zu Grunde liegende Problemstellung, dass Studierende und auch Lehrende im Schuldienst vielfach nicht ausreichend auf einen professionellen Umgang mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht vorbereitet sind, erwuchs aus einer Problemstellung der Bildungspraxis (vgl. 1.1 Motivation).

Das Seminar war als Pflichtveranstaltung der Studiengänge Bachelor of Education bzw. Master of Education und des Studiengangs zum Erwerb des 1. Staatsexamens in die Chemielehrerausbildung der Universitäten Köln und Münster und damit in reale Bildungssituationen integriert. In diese Veröffentlichung fließen Daten und Erfahrungen ein, die während drei aufeinander folgenden Semestern, in denen die Veranstaltung/Intervention durchgeführt wurde, erhoben werden konnten. Vor dem

erneuten Einsatz erfolgte jeweils eine Evaluation anhand von Fragebögen, mit Studierenden durchgeführten Interviews und Portfolios, die den Prozess des Lernens dokumentierten. Die eingesetzten Fragebögen erhielten offene, halboffene und geschlossene Frageformate, die qualitativ und quantitativ ausgewertet wurden. Die Evaluation der Seminareinheit erfolgte somit durch vielfältige Methoden (Mixed Methods), deren Ergebnisse für die finale Auswertung trianguliert wurden. Das Ziel dieser mehrperspektivischen Analyse bestand darin, eine Aussage über die Qualität und den Nutzen des Forschenden Lernens in der konkret vorgestellten Form für die Lehrerausbildung zu treffen. Den vorläufigen Abschluss bildet die Formulierung lokaler, in ihrer Aussagekraft begrenzter, aber weitere Forschung anstoßende Theorien über die Wirkungsweise des Seminarkonzepts konkret und des Forschenden Lernens in der chemiedidaktischen Lehrerausbildung allgemein.

3 Vorbereitung des Seminars

Entsprechend dem unter Abschnitt 2.2 dargestellten Strukturmodell design-basierter Forschung beginnt die Beschreibung eines design-basierten Forschungsprojektes mit einer ausführlichen Darstellung seiner Vorbereitung. Am Anfang steht in der Regel die Formulierung der Problem- und/oder Fragestellung sowie der Zielformulierung für die Intervention und die Theoriebildung (vgl. 3.1 Problem- bzw. Fragestellung des Forschungsprojektes und 3.2 Zielformulierung des Forschungsprojektes). Aus der Problem- und Fragestellung entstand die Notwendigkeit, ein Modell zu entwickeln, das Wissenselemente, Fähigkeiten und Fertigkeiten von Lehrende definiert (vgl. 3.3 Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen), die diese mitbringen oder erwerben sollten, um professionell mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht umgehen zu können. Das Modell und seine Entwicklung werden beschrieben; es wurde als Grundlage für wesentliche Anteile der Konstruktion und Evaluation entwickelt. Für die Konzeption des Design-Experiments mussten darüber hinaus noch Informationen über mögliche Inhalte und das methodische Vorgehen eingeholt werden. Ausgewählte, besonders wichtige Inhalte (u. a. zu Schülervorstellung, Lehr- und Lerntheorien, Forschendem Lernen und Subjektiven Theorien) werden theoretisch fundiert dargestellt (vgl. 3.4 Darstellung des theoretischen Hintergrundes).

3.1 Problem- bzw. Fragestellung des Forschungsprojektes

Vorstellungen und Erfahrungen, die Schüler mit in den Unterricht bringen, beeinflussen das Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte. Der Transfer des didaktischen Wissens aus den Forschungseinrichtungen in die Klassenzimmer scheint aber noch nicht ausreichend gelungen zu sein. Empirische Studien zeigen, dass viele Lehrkräfte nur wenig über Schülervorstellungen wissen und daher kaum in der Lage sind, deren Ursachen einzuschätzen oder angemessen darauf zu reagieren (Gabel 1999; Uhren et al. 2013; Wilhelm 2008). Auch wenn die Thematik Schülervorstellungen in Vorlesungen oder Seminaren in die Chemielehrerausbildung an der Universität integriert wurde, wies eine unveröffentlichte Interviewstudie des Arbeitskreises von Frau Prof. Marohn am Institut für Didaktik der Chemie an der Universität zu Köln darauf hin, dass Studierende auch nach dem Besuch einiger Lehrveranstaltungen häufig noch an ihren ursprünglichen Erklärungsmustern bezüglich der Ursachen von Schülervorstellungen und Umgangsweisen mit diesen festhielten. Ein Übertrag von Forschungsergebnissen in die schulische Praxis kann aber nur

gelingen, wenn Studierenden in ihrer Ausbildung vermittelte Inhalte über Schülervorstellungen (z. B. Forschungsergebnisse) in ihre gedanklichen Konstrukte integrieren und sie in ihrer Praxis anwenden.
Das vorgestellte Forschungsprojekt versucht, durch Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminars, sowohl ein forschungsbasiertes Konzept für die Integration des Themas Schülervorstellungen als essentiellen Bestandteil der Chemielehrerausbildung zu schaffen als auch einen Beitrag zur Verknüpfung des theoretischen Wissens über Schülervorstellungen und dessen Anwendung in der Schule zu leisten.

3.2 Zielformulierung des Forschungsprojektes

Das Ziel dieses Forschungsprojektes war die Entwicklung und Evaluation einer Intervention in Form eines Seminars in der chemiedidaktischen Lehrerausbildung, das theoretisch begründet Lösungsansätze zur Lösung der beschriebenen Problemstellung erprobt.

3.2.1 Ziele der Intervention

Im Verlauf des Forschungsprojektes sollte ein Seminar geschaffen werden, das ...

- *Studierende für die Bedeutung von Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht sensibilisiert.*

  Vielen Studierenden, auch in höheren Studiensemestern, ist die Bedeutung von Vorwissen und Vorstellungen für das Lernen chemischer Inhalte nicht bewusst. Die konzipierte Veranstaltung soll die Studierenden hierfür sensibilisieren, um ihre Bereitschaft intrinsisch zu erhöhen, Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit Schülervorstellungen zu erwerben und sie für die Inhalte des Seminars zu motivieren.

- *Studierenden Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit Schülervorstellungen vermittelt.*

  Für einen professionellen Umgang mit Schülervorstellungen müssen angehende Lehrer Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit Schülervorstellungen erwerben, auf die sie in ihrer späteren Berufstätigkeit zurückgreifen können. Um diese Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten fördern zu können, musste zuerst ein entsprechendes Modell entwickelt werden, das dann

zur Konzipierung und Evaluation des Seminars herangezogen wurde. Das Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen wird im nachfolgenden Abschnitt 3.3 beschrieben.

- *Studierenden ihre Subjektiven Theorien über Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen bewusst macht und sie ggf. anregt, ihre Subjektiven Theorien zu verändern.*

  Auch Studierende, die bereits mehrere universitäre Veranstaltungen besucht haben, in denen Themen im Kontext Schülervorstellungen vermittelt wurden, hielten häufig noch an ihren ursprünglichen Erklärungsmustern bezüglich der Ursachen von Schülervorstellungen und Umgangsweisen mit diesen fest. Im Rahmen des Seminars sollten idealerweise dem professionellen Umgang mit Schülervorstellungen entgegenwirkende Subjektive Theorien verändert werden. Hierfür wird auf Strategien der Conceptual Change-Forschung zur Veränderung von Vorstellungen zurückgegriffen. Ob diese Strategien auf die Veränderung Subjektiver Theorien übertragbar sind, soll im Rahmen dieses Forschungsprojektes geprüft werden.

- *Forschendes Lernen in Schule und Hochschule nicht nur als theoretischen Inhalt des Seminars vermittelt, sondern den Studierenden Gelegenheit bietet, dieses hochschuldidaktische Konzept selbst u. a. im Lehr-Lern-Labor zu erleben (und über Chancen und Risiken für den Einsatz in Schule und Hochschule zu reflektieren)*[7].

  Da Vorstellungen und Subjektive Theorien über Schülervorstellungen sehr stabil zu sein scheinen und sie sich durch den vorwiegend rezeptiven Wissenserwerb in Vorlesungen und die kurze Auseinandersetzung in Seminaren nicht oder nur kurzfristig verändern ließen, soll das Seminar nach dem hochschuldidaktischen Konzept des Forschenden Lernens gestaltet werden.

[7] Der in Klammern notierte Teil der Zielformulierung wurde im Anschluss an die Evaluation des ersten Mesozyklus gestrichen. Die Begründung für diese Entscheidung wird in der Evaluation der Pilotierung (entspricht dem ersten Mesozyklus, vgl. Abschnitt 4.1.3) dargestellt.

3.2.2 Ziel der Theoriebildung

Das Ziel der Theoriebildung bestand darin, die Evaluationsergebnisse der Intervention wenn möglich theoretisch zu begründen und ggf. Schlussfolgerungen für zukünftige Lehrveranstaltungen zu formulieren.

3.3 Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen

Aus der Problem- und Fragestellung des Forschungsprojektes entstand die Fragestellung, welche Wissenselemente, Fähigkeiten und Fertigkeiten Lehrende erwerben müssten, um professionell mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht umgehen zu können. Folgend werden die Motivation und Entwicklung für dieses Modell (Abschnitt 3.3.1) sowie das fertige Modell, seine Themenfelder (Abschnitte 3.3.2/3.3.3) und resultierende Ziele beschrieben (Abschnitt 3.3.4). Am Ende dieses Abschnitts wird die Bedeutung des Modells für das Seminar noch konkretisiert (Abschnitt 3.3.5).

3.3.1 Motivation und Entwicklung

Was sollte ein Lehrer wissen und können, um professionell mit Schülervorstellungen umzugehen? Diese Frage stellte sich zu einem relativ frühen Zeitpunkt der hier vorgestellten Arbeit. Eine Metaanalyse, die Veröffentlichungen der Naturwissenschaftsdidaktiken auf diese Frage hin analysierte, lieferte Hinweise und Anstöße für die Beantwortung dieser Frage. Eine konkrete Anleitung oder ein Modell, das diese Fähigkeiten und Fertigkeiten beschreibt, konnte nicht gefunden werden. Auf Basis der vorangegangenen Metanalyse wurde daher für dieses Projekt ein normatives Modell entwickelt, das in einem vierstufigen Raster Wissenselemente und Fähigkeiten abbildet, die Lehrkräfte für einen adäquaten Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht benötigen (vgl. Rohrbach und Marohn 2016).

	WISSEN	VERSTEHEN	ANWENDUNG	SYNTHESE
VORSTELLUGEN	Typische Vorstellungen kennen	Vorstellungen in Schüleraussagen identifizieren	Vorstellungen antizipieren	Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht aus Vorstellungen ziehen
URSACHEN	Ursachen von Vorstellungen kennen	Ursachen von Vorstellungen identifizieren	Ursachen von Vorstellungen antizipieren	Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht aus Ursachen von Vorstellungen ziehen
DIAGNOSE	Diagnose-instrumente und -methoden kennen	Vor- und Nachteile von Diagnose-instrumenten und -methoden identifizieren	Diagnose-instrumente und -methoden anwenden	Diagnose-instrumente und -methoden entwickeln
UMGANGSWEISEN	Beschriebene Umgangsweisen mit Vorstellungen kennen	Umgangsweisen mit Vorstellungen als mehr oder weniger geeignet identifizieren	Umgangsweisen mit Vorstellungen anwenden	Selbstständig Umgangsweisen mit Vorstellungen entwickeln

Abbildung 4: Notwendige Wissenselemente und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen

3.3.2 Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen

Zu Beginn der Modellbildung stand die Frage, welche Fähigkeiten und Fertigkeiten Lehrende mitbringen oder erwerben sollten, um professionell mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht umgehen zu können. Aus einer umfangreichen Literaturrecherche kristallisierten sich vier Themengebiete heraus:

- Schülervorstellungen und ihre Bedeutung
- Ursachen von Schülervorstellungen
- Diagnose von Vorstellungen
- Umgangsweisen mit Vorstellungen

Das Modell stellt die mit diesen Themengebieten assoziierten Fähigkeiten und Fertigkeiten dar, die als Indikatoren für einen professionellen Umgang mit

Schülervorstellungen eingesetzt werden können. Die Operationalisierung der Wissenselemente und Fähigkeiten orientiert sich an Roloffs Vorschlägen für die Festlegung von Lernzielen in der Hochschule und an Blooms Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich (Bloom 1974; Roloff 2012). Die beiden ursprünglich sechsstufigen Taxonomien wurden auf vier Taxonomie-Kategorien verkürzt. Elemente des Fähigkeitsniveaus „Analyse“ gingen in die in die Operationalisie–rungen des Anwendungsbereichs „Anwendung“ insofern mit ein, dass eine Antizipation von Vorstellungen und/oder deren Ursachen nur auf einer Analyse der Ausgangssituation beruhend sinnvoll erfolgen kann. Die Antizipation selbst erfolgt dann als Anwendung der in den vorangegangenen Stufen erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten unter Einbezug der Analyse der Ausgangssituation. Die Lernzielklassen „Synthese“ und „Evaluation“ wurden in der Klasse „Synthese“ zusammengefasst. Der Schwerpunkt aller genannten Operationalisierungen liegt auf der Entwicklung situationsangemessener Interventionen. Die Entwicklung neuartiger Interventionen im Kontext des Lehrerhandelns ist aufgrund der außerordentlich hohen Komplexität in Bildungssituationen nur in den seltensten Fällen zu Beginn ausgereift. In der Regel durchläuft die Entwicklung einen Prozess, in dem sich Konstruktion und Evaluation abwechseln und zu einem optimierten Produkt führen.

Voraussetzung für ein angemessenes Verständnis des Modells und für den Erwerb der dargestellten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind Kenntnisse und Fertigkeiten über Lerntheorien, die der Studierende oder die Lehrperson mitbringen oder parallel erwerben sollte. Als besonders relevant werden die Lehr-Lern-Theorie des Konstruktivismus sowie die innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktiken vorherrschenden Conceptual Change- bzw. Conceptual Growth-Theorien angesehen. Das Verständnis, das Lernen als individuellen Konstruktionsprozess versteht, begründet die Bedeutung und die Berücksichtigung von individuellen Schülervorstellungen im Unterricht. Während der Konstruktivismus als Lehr- und Lerntheorie Erklärungen dafür liefert, wie Schüler sich ihre Realität konstruieren und neue Erkenntnisse in ihr Weltbild zu integrieren versuchen, können aus den Conceptual Change- und Conceptual Growth-Theorien Vorschläge abgeleitet werden, wie Schüler angeregt werden, ihre vorhandenen Vorstellungen zu überdenken und zu verändern. Die Conceptual Change- und Conceptual Growth-Theorien liefern dem Lehrenden ein abstraktes Handwerkszeug, um indirekt Einfluss auf die Vorstellungen seiner Schüler zu nehmen und sie so zu individuellen Konstruktionen anzuregen, die mit den wissenschaftlich akzeptierten Vorstellungen übereinstimmen. Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten über diese Lerntheorien können auf verschiedenen

Leistungsstufen beherrscht werden. Auf der niedrigsten Leistungsstufe werden Lerntheorien und ihre typischen Merkmale gekannt. Als komplexere Leistung gilt die Fähigkeit, diese Theorien auf Unterricht zu übertragen. Die höchste Leistungsstufe ist erreicht, wenn der Lehrende dazu in der Lage ist, aus konstruktivistischen Grundannahmen, Conceptual Change- und Conceptual Growth-Theorien sinnvolle Lernumgebungen zu gestalten und Lernumgebungen unter Berücksichtigung abgeleiteter Kriterien zu bewerten.
Die Reihenfolge der im Modell genannten Themengebiete beinhaltet keine Gewichtung der Inhalte. Die Beschäftigung mit Schülervorstellungen stellt eine Grundlage für die anderen Themenfelder dar und legt die Auseinandersetzung mit Ursachen von Vorstellungen nahe. Die Beschäftigung mit Ursachen von Schülervorstellungen ist aber keine unmittelbare Voraussetzung für die Entwicklung und den Einsatz von Diagnoseinstrumenten. Das zuletzt aufgeführte Themengebiet, das Umgangsweisen mit Vorstellungen thematisiert, baut auf den Inhalten der drei zuvor genannten Themengebiete auf. Das Modell stellt Inhalte dar, die im Rahmen des Seminars erarbeitet werden sollen. Im Kontext der vorgestellten Seminareinheit können aber nicht alle Wissenselemente und Fähigkeiten erworben und überprüft werden, die das Modell umfasst. Die Entwicklung des Modells erfolgte normativ, also „vorwiegend theoretisch begründet“, und es bietet „Ausgangspunkte für empirische Forschungen“ (Mittelsten Scheid und Hößle 2008, S. 146). Aus den Ergebnissen dieser empirischen Forschungen können deskriptive Modelle entwickelt werden, die in Abhängigkeit von der Aussagekraft des ursprünglichen normativen Modells Fähigkeiten, Fertigkeiten oder Kompetenzen „beschreiben und daher dazu beitragen, normative Modelle zu validieren und zu verbessern“ (Mittelsten Scheid und Hößle 2008, S. 146).

3.3.3 Beschreibung der Themenfelder

Die vier in der linken Spalte des Modells (Abbildung 4) aufgelisteten Themenfelder für professionelles Lehrerhandeln im Kontext von Schülervorstellungen werden im Folgenden beschrieben und die Operationalisierungen werden kurz erläutert.

1. Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht und ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen
   Lehrende, die professionell mit den Vorstellungen ihrer Schüler umgehen wollen, diese wertschätzen und in ihre Arbeit integrieren, sollten sich zuerst einmal über die Bedeutung von Vorstellungen für das Lehren und Lernen bewusst sein. Über das abstrakte Bewusstsein hinaus sollten sie auch konkrete

Beispiele empirisch gefundener Schülervorstellungen kennen, ohne diese als eine abgeschlossene Gesamtheit zu betrachten. Aufgrund der Individualität und Kontextabhängigkeit von Vorstellungen können Lehrende nie alle möglichen Vorstellungen, die während ihrer Lehrtätigkeit auftreten, schon im Vorfeld kennen. Im Kontext von Schülervorstellungen sollten Lehrende lebenslang offen sein für neue Entwicklungen, da die sich wandelnden Einflüsse des täglichen Lebens, z. B. durch Werbung, in Zukunft zu anderen Vorstellungen führen können als dies während der Ausbildung des Lehrers der Fall war.

Lehrende müssen diesen nicht vorhersehbaren Wandel, der eine gewisse Unsicherheit in sich trägt, in ihrer praktischen Tätigkeit annehmen und Strategien entwickeln, mit ihm umzugehen. Eine Orientierung können empirisch erforschte Vorstellungen liefern. Internationale Studien zeigen, dass viele Vorstellungen unabhängig von den Lebensbedingungen der Schüler – unterschiedliche Schulsysteme, Lehrer, kulturelle Hintergründe usw. – gleichermaßen in mehreren Ländern beschrieben wurden (z. B. Verbrennungs- oder Vernichtungsvorstellungen: u. a. Driver et al. 1985; Haupt 1981). Diese Vorstellungen können auch in der Lerngruppe jedes Lehrers vorkommen und daher lohnt es sich für jeden Lehrer, einige dieser Vorstellungen zu kennen, diese als Anregung zu verstehen und besonders empfindsam dafür zu sein, ohne aber die Offenheit für andere Vorstellungen zu verlieren.

Auf der Taxonomie-Kategorie des Wissens sollten Lehrer typische Vorstellungen kennen, um diese in Schüleraussagen identifizieren zu können (Taxonomie-Kategorie Verstehen). Zu Beginn der Lehrertätigkeit bezieht sich das Wissen über Schülervorstellungen besonders auf empirisch erforschte Vorstellungen. Mit zunehmender Berufserfahrung können diese um selbst erkannte Vorstellungen ergänzt werden. Dass für das Erkennen unbekannter Vorstellungen Fähigkeiten zur Diagnose notwendig sind, zeigt, dass die hier einzeln vorgestellten Themenfelder nicht streng voneinander getrennt zu verstehen sind, sondern Überschneidungen auftreten. Die innerhalb des Modells theoretisch voneinander getrennten Themenbereiche können in der Praxis nicht als voneinander getrennt verstanden werden.

Zur Anwendung kommt Wissen über Vorstellungen dann, wenn die Lehrperson diese Vorstellungen antizipiert, diese also vorhersieht und in konkreten Unterrichtssituationen erkennt und daher nicht mehr von ihnen überrascht wird, sondern diese Vorstellungen als mögliche Optionen in ihre

Planung integriert. Auf der Taxonomie-Ebene der Synthese sollte die Lehrperson alle zuvor beschriebenen Kenntnisse und Fertigkeiten dazu einsetzen können, Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht aus identifizierten und antizipierten Vorstellungen zu ziehen.

2. Ursachen von Schülervorstellungen
   Kenntnisse und Fähigkeiten bezüglich Ursachen von Schülervorstellungen verhalten sich vielfach analog zu Kenntnissen und Fähigkeiten bezüglich Vorstellungen selbst und sind eng mit diesen verbunden. Sie erhalten aber innerhalb des vorgestellten Modells ein eigenes Themengebiet, da sie über die Kenntnisse und Fähigkeiten bezüglich Vorstellungen hinaus einen Ansatzpunkt bieten, um mit Vorstellungen zu arbeiten. Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen sind sehr vielseitig (vgl. 3.4.2.4 Ursachen von Schülervorstellungen). Einige Ursachen wie z. B. die Lebenswelt der Lernenden im Elternhaus liegen außerhalb des Einflussbereiches des Lehrers. Ein Lehrer, der diese Ursachen kennt, kann die Entstehung der Vorstellungen zwar nicht verhindern, er kann aber seinen Unterricht an diesen Ursachen ansetzen und so einen konkreten Lebensweltbezug für die Schüler herstellen. Es gibt aber auch Ursachen, die innerhalb der Schule und des Unterrichts verortet werden (vgl. „hausgemachte Vorstellungen“ in Hilbing und Barke 2004). Manche fachlich falschen Vorstellungen konnten auf Inhalte oder Vermittlungsmethoden (z. B. Merksätze oder fehlerhafte Abbildungen in Schulbüchern) des Chemieunterrichts oder anderer naturwissenschaftlicher Fächer zurückgeführt werden. Auf diese Ursachen kann der Lehrer entweder direkt oder indirekt (z. B. durch seine eigene Unterrichtsplanung oder durch Gespräche und Absprachen mit den Kollegen anderer Fächer) Einfluss nehmen und so möglicherweise die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen vermeiden (vgl. 3.4.2 Schülervorstellungen).
   Analog zu den Vorstellungen sollte der Lehrer Kenntnisse über Ursachen von Vorstellungen erwerben und, wenn sein Verständnis bezüglich dieser Thematik vorangeschritten ist, sollte er dazu in der Lage sein, Ursachen von Vorstellungen zu identifizieren. Als nächste Stufe der Taxonomie-Ebene sollte der Lehrende in der Lage sein, Ursachen von Vorstellungen zu antizipieren und aus diesen – als komplexeste Leistung – Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht aus Ursachen von Vorstellungen ziehen.

3. Diagnose von Vorstellungen

   Lehrende, die Vorstellungen als individuelle Konstrukte begreifen und denen die Unbegrenztheit der Möglichkeiten zur Ausdifferenzierung von Vorstellungen bewusst ist, benötigen Handwerkszeug, um mit dieser Unvorhersehbarkeit ihrer täglichen Arbeit umgehen zu können. Alle möglichen Vorstellungen in der Unterrichtsplanung zu berücksichtigen ist nicht möglich, aber im regulären Unterricht an Schulen auch nicht nötig. Dort ist die Anzahl der Schüler innerhalb einer Lerngruppe begrenzt, so dass sich die meisten Lehrer auf die Vorstellungen ihrer Schüler konzentrieren können[8]. Um diese Vorstellungen zu erkennen, sollte der Lehrer bereits vorhandene Diagnoseinstrumente und -methoden kennen. Die reine Kenntnis stößt dann schnell an die Grenzen der Anwendung, wenn die Bedingungen, unter denen das Diagnoseinstrument entwickelt wurde, sich von den Realbedingungen des Lehrers unterscheiden. Ein tiefergehendes Verständnis des Diagnoseinstruments ist also nötig. Der Lehrer sollte Vor- und Nachteile der bekannten Diagnoseinstrumente und -methoden identifizieren können. Nach Abwägung dieser Vor- und Nachteile sowie der Gültigkeit des Diagnoseinstruments für seine Lerngruppe kann der Lehrer sinnvolle Diagnoseinstrumente und -methoden anwenden. Er sollte sie zusätzlich immer in diesem neuen Kontext reflektieren und einen erneuten Einsatz von dem Ergebnis dieser Reflexion abhängig machen. Als Syntheseleistung der vorangegangenen Leistungen kann der Lehrer anschließend Diagnoseinstrumente und -methoden selbstständig entwickeln, in seinem professionellen beruflichen Kontext bewerten und gegebenenfalls weiterentwickeln.

4. Umgangsweisen mit Vorstellungen

   Hat der Lehrende empirisch beschriebene Vorstellungen erkannt oder konnte er die individuellen Vorstellungen innerhalb seiner Lerngruppe diagnostizieren, steht er vor der Aufgabe, angemessen und professionell mit diesen Vorstellungen umzugehen. Kenntnisse über Theorien des Lernens und Lehrens sind für diesen Umgang von herausragender Bedeutung, da sie dem Lehrenden als Richtschnur seiner Handlungen dienen können. Die Theorien liefern

[8] Andere Rahmenbedingungen gelten z. B. für Lehrende, die Online-Lernplattformen entwickeln. In diesem Fall ist eine individuelle Diagnose der Vorstellungen der Lernenden nicht möglich. Diesen Lehrenden bleibt die Möglichkeit, sich an empirisch gefundenen Vorstellungen zu orientieren.

aber keine konkreten Umgangsweisen oder Verhaltensweisen, die der Lehrende direkt anwenden kann. Daher sollte er über die Kenntnis der Theorien hinaus auch aus diesen Theorien abgeleitete und im wissenschaftlichen und schulischen Kontext beschriebene und erprobte Umgangsweisen mit Vorstellungen kennen. Sobald ein Verständnis für die Umgangsweisen einsetzt, kann der Lehrende, aufbauend auf der reinen Kenntnis die Umgangsweisen in Abhängigkeit vom Kontext, in dem sie eingesetzt werden, als mehr oder weniger geeignet identifizieren. Beherrscht der Lehrende die ersten beiden Taxonomie-Kategorien, kann er lernen, Umgangsweisen in seiner Praxis anzuwenden und bezüglich seiner konkreten Bedürfnisse zu reflektieren. Die komplexeste Kategorie der Synthese erreicht er dann, wenn er selbstständig Umgangsweisen mit Vorstellungen (weiter-)entwickeln und bewerten kann.

3.3.4 Ziele des Modells

Die mit der Entwicklung des Modells verbundenen Ziele und Hoffnungen gehen über die ursprüngliche Zielsetzung, eine theoriebasierte Grundlegung und Legitimation der Inhalte des in dieser Arbeit vorgestellten Seminars zu entwickeln, hinaus. Die kontroversen, aber im Grunde zumeist positiven Rückmeldungen während der Expertenvalidierung oder Vorstellungen des Modells vor didaktischem Fachpersonal an Schulen und Hochschulen, z. B. im Rahmen von Konferenzen, Tagungen oder Fortbildungen, geben einen Hinweis darauf, dass dieses Modell über den konkreten Fall hinaus wirken kann. Zum einen kann es zur Diskussion über Wissen und Fähigkeiten, die im Kontext von Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht benötigt werden, anregen. An dieser Diskussion können und sollten sich praktizierende Lehrer ebenso gleichberechtigt beteiligen wie Fachdidaktiker, Pädagogen und Psychologen, deren wissenschaftliches Tätigkeitsfeld sich auf diese Thematik bezieht. Nicht zuletzt sollten alle Experten für die Lehrerausbildung, unabhängig davon, in welchem Abschnitt der Lehreraus- und Weiterbildung sie tätig sind, beteiligt werden. Des Weiteren kann das Modell von Lehrern im Schuldienst als Instrument zur Selbsteinschätzung ihres individuellen Wissens sowie ihrer Fähigkeiten und Fertigkeiten eingesetzt werden. Ein Abgleich der eigenen Kenntnisse mit den als professionell definierten Kenntnissen und Fertigkeiten könnte Lehrer bei großer Übereinstimmung in ihrem professionellen Verhalten bestärken. Erkennt der Lehrer eine Abweichung seiner Kenntnisse und seines praktischen Handelns von empfohlenen Fähigkeiten und Fertigkeiten, könnte ihn dies dazu animieren, sich in diesem Bereich gezielt weiterzubilden.

3.3.5 Bedeutung des Modells für das Seminar

Das in diesem Kapitel vorgestellte Modell wurde als Leitfaden für die inhaltliche Planung und Konzipierung des Seminars eingesetzt. Die beschriebenen Themengebiete (Darstellung im Modell in der linken Spalte, vgl. Abbildung 4) bildeten die Grundlage der Themen, die während der Phase der Theoretischen Fundierung in der ersten Hälfte des Seminars vermittelt wurden.
Die Fähigkeiten und Fertigkeiten in den Taxonomie-Kategorien Wissen und Verstehen konnten umfassend im Seminar thematisiert und z. T. auch erprobt werden. Die beiden komplexeren Taxonomie-Kategorien konnten im Seminar nicht mit allen Studierenden angewandt oder evaluiert werden. Beide Kategorien kommen erst in der konkreten Unterrichtsplanung und Durchführung voll zum Einsatz. Da die Studierenden in diesem Seminar aber nur eine Unterrichtssequenz planten und durchführten, war es nicht möglich, dass jeder Student alle Fähigkeiten erwarb oder sogar anwendete. Selbst wenn eine Studierendengruppe für die eigene Unterrichtssequenz selbstständig einen Diagnosebogen entwickelt und bewertet hat, sollte diese einmalige Aktion lediglich als positiver Hinweis dafür gewertet werden, dass diese Fähigkeit vorliegen könnte. Eine sichere Aussage sollte aber aus einer einzelnen Handlung nicht abgeleitet werden.

3.4 Darstellung des theoretischen Hintergrundes

Das Seminar basiert auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und vorhandenen Theorien in verschiedenen Bereichen, welche in diesem Abschnitt vorgestellt werden. Dies betrifft:

- Lerntheorien zu Konstruktivismus und Conceptual Change (Abschnitt 3.4.1)
- Schülervorstellungen (Abschnitt 3.4.2)
- Forschendes Lernen (Abschnitt 3.4.3)
- Subjektive Theorien (Abschnitt 3.4.4)
- Videografie in der Lehrerbildung (Abschnitt 3.4.5)
- Portfolios (Abschnitt 3.4.6)

3.4.1 Lerntheorien Konstruktivismus und Conceptual Change

Eine der wesentlichen Aufgaben von Schule besteht darin, jungen Menschen Wissen und Kompetenzen zu vermitteln, die sie dazu befähigen, ihren Anteil an der Gesellschaft als mündige Bürger zu leisten. Die Frage, wie die Vermittlung dieses Wissens am besten von einer Generation an die nächste weitergegeben werden kann,

stellen sich Wissenschaftler vieler verschiedener Fachrichtungen wie z. B. Pädagogen, Psychologen und Fachdidaktiker. Ihre Forschungen haben gezeigt, dass eine direkte Weitergabe von Wissen von einer Person auf eine andere nicht möglich ist. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht haben sich die konstruktivistische Lehr- und Lerntheorie und die Conceptual Change-Theorie als gewinnbringend erwiesen, die den Aufbau von Wissen ebenso wie die Veränderung kognitiver Strukturen als individuelle Konstruktion des Menschen verstehen. Beide Theorien werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

3.4.1.1 Konstruktivismus als Lehr- und Lerntheorie

In der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung hat sich eine konstruktivistische Sicht auf Lernen und Lehren als gewinnbringend erwiesen, die den Aufbau von Wissen als individuelle Konstruktion des Menschen versteht. Den Ursprung der konstruktivistischen Perspektive auf Lehren und Lernen bildeten philosophische Ansätze des radikalen Konstruktivismus (Abschnitt 3.4.1.1.1). Als grundlegenden theoretischen Rahmen, der individuelle Veränderungen von Wissen erklärt, hat sich der moderate Konstruktivismus etabliert (Abschnitt 3.4.1.1.2), aus dem heraus wiederum Konsequenzen für die konkrete Unterrichtsgestaltung abgeleitet wurden (Abschnitt 3.4.1.1.3). In Abschnitt 3.4.1.1.4 wird kurz auf die Bedeutung des moderaten Konstruktivismus für das vorgestellte Seminar eingegangen.

3.4.1.1.1 Der radikale Konstruktivismus

Als Prototyp konstruktivistischer Ansätze gilt der radikale Konstruktivismus (Gerstenmaier und Mandl 2000), eine Erkenntnistheorie, deren Grundannahme darin besteht, dass die direkte Erfassung einer außerhalb des Individuums liegenden Wirklichkeit unmöglich ist (Riemeier 2007).

Genaugenommen kann schon innerhalb der „radikalen“ Ausrichtungen des Konstruktivismus nicht von dem Konstruktivismus gesprochen werden, da unter diesem Oberbegriff mehrere, sich z. T. unterscheidende, erkenntnistheoretische Strömungen zusammengefasst werden, z. B. die Arbeiten der Wissenschaftler Marturana und Varela (1987), von Foerster (1991) und von Glaserfeld (1991). Klein und Oettinger (2000) haben sechs „Kernaussagen“ herausgearbeitet, die in den meisten als konstruktivistisch bezeichneten, erkenntnistheoretischen Positionen in unterschiedlichen Ausprägungen gefunden werden können.

Diese „Kernaussagen“ nach Klein und Oettinger (2000) werden folgend aufgezählt und kurz vorgestellt.

1. *Der Mensch als in sich geschlossenes System; Informationsaufnahme aus der Umwelt ist nur über die Sinneskanäle möglich*

   Diese Kernaussage wird in besonderem Maße auf die Arbeiten der beiden Neurobiologen Marturana und Varela zurückgeführt. Sie führten den „erkenntnistheoretischen Konstruktivismus auf die neurobiologischen, hirn- und sinnesphysiologischen Bedingungen menschlichen Erkennens zurück“ (Klein und Oettinger 2000, S. 215). Ihre Erkenntnisse gewannen sie größtenteils aus der neurobiologischen Forschung. Nach Marturana und Varela (1987) sind lebende Systeme autopoietisch und selbstreferentiell. Alle Informationen, die aus der Umwelt in ein System hineingelangen, können nur durch die Sinnesorgane aufgenommen werden, in denen die Informationen eine Transformation erfahren, bevor sie einer neuronalen Interpretation unterzogen, dem System Mensch ein „Bild“ seiner Außenwelt zeichnen. Menschen können z. B. mit den ihnen zur Verfügung stehenden Sinnesorganen nur bestimmte elektromagnetische Wellenlängen wahrnehmen, die sie als sichtbares Licht interpretieren. Lichtwellen anderer elektromagnetischer Wellenlängen können zwar mit Hilfsmitteln wahrnehmbar gemacht werden, im Alltag ist ihre Existenz aber nicht präsent. Die prinzipielle Geschlossenheit des Systems Mensch muss genauso wie die Einschränkungen seiner Wahrnehmungsfähigkeit mitbedacht werden.

2. *Jedes Individuum konstruiert sich seine Welt*

   Die erste Annahme, dass es Menschen als geschlossenen Systemen nicht möglich ist, Gegenstände unmittelbar aus ihrer Umwelt zu erkennen oder Inhalte zwischen zwei Individuen direkt auszutauschen, resultiert daraus, dass Wahrheit, Objektivität und Wissen als Ergebnis individueller Konstruktionen verstanden werden. Jedes Erkennen ist an die individuelle Beobachterperspektive des Erkennenden gebunden. Von Foersters „Postulat der Selbstständigkeit“ (von Foerster 2012, S. 42) betont die Selbstständigkeit, die Autonomie und die organisatorische Geschlossenheit, die jeden Organismus als individuell und einzigartig charakterisiert. Ein Vergleich zweier Konstrukte oder der dahinterliegenden Konstruktionsprozesse zwischen zwei Menschen ist nur durch den Einsatz von Kommunikation (vgl. *Kernaussage 6*) möglich. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass zwei Menschen in ähnlichen Konstruktionssituationen ähnliche Konstruktionen entwickeln.

3. *Nützlichkeit statt Wahrheit*

   Als Konsequenz der beiden vorangegangenen Kernaussagen muss geschlossen werden, dass aufgrund der individuellen Konstruktionsleistung, die jeder individuellen Erkenntnis innewohnt, keine Aussagen über Wahrheit getroffen werden können. Dass der Mensch nicht in der Lage ist, Wahrheit unmittelbar zu erkennen und sich ihrer sicher zu sein, negiert nicht die Existenz dieser Wahrheit. Die nicht erreichbare Wahrheit wird als Kriterium für die Qualität von Konstruktionen durch die Nützlichkeit und Viabilität (von Glaserfeld 2012) der Konstruktionen ersetzt. Analog zur Entwicklungstheorie nach Darwin wird Viabilität als die Fähigkeit bezeichnet, sich innerhalb der vorherrschenden Bedingungen als „lebensfähig" zu erweisen (von Glaserfeld 2012, S. 26). Jede Konstruktion muss sich daran messen lassen, ob – und falls ja in welchem Maße – sie gültige Vorhersagen über Ereignisse der Umwelt ermöglicht oder ob sie im Widerspruch zur Umwelt steht. Aus der Tatsache, dass die Konstruktion keinen Widerspruch zur Umwelt erzeugt, kann nicht auf die Art und Weise des Konstruktionsprozesses oder die konkrete Ausformung der Konstruktion geschlossen werden. Es kann lediglich bemerkt werden, dass die Konstruktion innerhalb der gegebenen Bedingungen als viabel bezeichnet werden kann. Es existieren häufig mehrere Möglichkeiten viabler Konstruktionen, zwischen denen eine Hierarchisierung innerhalb derselben Bedingungen nicht möglich ist. Sollte eine in den ursprünglichen Bedingungen viable Konstruktion innerhalb geänderter Bedingungen einen Widerspruch erzeugen, muss sie entsprechend modifiziert werden.

4. *Aufdeckung des Erkenntnisprozesses*

   Unter den bisher genannten Voraussetzungen kann keine Erkenntnis, auch keine im wissenschaftlichen Prozess erzeugte, als wahr angenommen werden. Wäre dies möglich, so würde es ausreichen, wahre Erkenntnisse als solche der Welt zu offenbaren und von anderen Individuen deren Übernahme in den Kanon der Wahrheiten zu verlangen. Da dies aber nicht möglich ist, sollte die Veröffentlichung jeder Erkenntnis durch Offenlegung des Prozesses ihrer Entstehung ergänzt werden. Den Rezipienten der Erkenntnis wird so die Möglichkeit gegeben, diese in ihren Entstehungskontext einzuordnen und ihre Nutzbarkeit für den eigenen Anwendungsbereich zu reflektieren. Die Aufforderung, den Prozess der Erkenntnisgewinnung möglichst kleinschrittig und

nachvollziehbar offenzulegen, wird als „Konstruktivistischer Begründungsanspruch“ (Klein und Oettinger 2000, S. 16) bezeichnet.

5. *Nachvollziehbarkeit und Legitimierung im Mittelpunkt wissenschaftlicher Prozesse*
   Wenn alles, also auch wissenschaftliche Erkenntnis, als Konstruktionen der beteiligten Menschen verstanden wird, kann Wissenschaft nicht als Suche nach objektiver Wahrheit verstanden werden. Alternativ rückt das „Aufdecken des Begründungsanspruches“ (Klein und Oettinger 2000, S. 16) in den Vordergrund. Wissenschaftliche Prozesse sollten von Außenstehenden rekonstruiert werden können und ihnen sollte nachvollziehbar sein, „inwieweit das Kriterium der Nützlichkeit im Rahmen eines Erkenntnisprozesses“ erfüllt wird (Klein und Oettinger 2000, S. 16).

6. *Durch Kommunikation zu intersubjektiven Welten*
   Wird die konstruktivistische Annahme, die jedes Individuum als abgeschlossenes System auffasst, das Informationen nur durch seine Sinnesorgane transformiert aufnimmt und diese nur durch individuelle Konstruktionen erfassen kann, solitär betrachtet, würde die Beschränkung auf diese Eigenschaften das Individuum in Solipsismus führen. Solipsismus ist die vollkommene Fokussierung auf das eigene Ich und das Ich-Bewusstsein. Der radikale Konstruktivismus versteht den Menschen aber nicht als auf sich selbst zurückgeworfenen Individualisten, sondern erkennt seine Integration in die Welt und die Gesellschaft seiner Umwelt uneingeschränkt an, weshalb das „Postulat der Selbstständigkeit“ um das „Postulat der Eigenbezogenheit“ ergänzt wird. Dieses postuliert, dass „ein beobachtender Organismus [...] selbst Teil, Teilhaber und Teilnehmer seiner Beobachtungswelt“ ist (von Foerster 2012, S. 43). Denkt man dieses Postulat bis an seine logischen Grenzen, führt es den Menschen in den Omnipsismus (von Foerster 2012). Das Menschenbild des radikalen Konstruktivismus spannt sich zwischen den beiden, tief in der philosophischen Tradition verankerten Extrempositionen des Solipsismus und des Omnipsismus auf. Auch wenn sich verschiedene konstruktivistische Richtungen in ihren konkreten Zuordnungen unterscheiden, verortet sich keine auf einer der Extrempositionen, sondern alle weisen dem Individuum eine Position zwischen Solipsismus und Omnispismus zu. Das Individuum konstruiert

> also nicht nur seine eigene Realität, sondern es ist auch am Aufbau intersubjektiver Welten beteiligt.
>
> Kommunikation kann dem aufgrund des Wegfalls der regulatorischen Idee von Wahrheit leicht auftretenden Eindruck von Beliebigkeit und Unschärfe entgegenwirken. Aus konstruktivistischer Sicht steigt die Glaubwürdigkeit einer Konstruktion dann, wenn sie auch einem intersubjektiven Vergleich standhält. Dies ist dann der Fall, wenn zwei oder mehrere Individuen innerhalb identischer oder sehr ähnlicher Bedingungen eine vergleichbare Konstruktion erzeugen, die mit dieser Umwelt viabel ist (Klein und Oettinger 2000).

Das radikale an dieser philosophischen Position, als deren prominenteste Vertreter von Foerster, von Glasersfeld, Maturana und Varela zu nennen sind, ist ihre Sicht auf das Verhältnis zwischen Wissen und Wirklichkeit. Der radikale Konstruktivismus leugnet nicht die Existenz der Realität, bezweifelt aber die Möglichkeit, objektive Aussagen über Wahrheit in dieser Realität zu treffen, da jedes Wissen als individuelle Konstruktion verstanden werden muss. Das autopoietisch arbeitende Gehirn verarbeitet nur viable Informationen sowie solche Informationen, die dem Strukturerhalt dienen (Gerstenmaier und Mandl 2000).

3.4.1.1.2 Konstruktivistische Ansätze für das Lehren und Lernen

Der radikale Konstruktivismus spielt in der Psychologie, den Bildungswissenschaften und den (Fach-)Didaktiken eine untergeordnete Rolle. In der Psychologie und angrenzenden Forschungsfeldern haben sich parallel verschiedene konstruktivistische Ansätze entwickelt. Diese Ansätze formulieren für sich nicht mehr den Anspruch, als Erkenntnistheorien zu wirken, sondern sie bieten Modellannahmen, die versuchen, Alltagserfahrungen und Sozialbeziehungen in ihrer Konstruktivität zu beschreiben. Lehren und Lernen wird als Teil dieses Erlebens in Sozialbeziehungen interpretiert. Zu diesen Ansätzen zählt u. a. der „neue Konstruktivismus“ (Gerstenmaier und Mandl 1995; Reinmann-Rothmeier und Mandl 2006), der sozialkonstruktivistische, anthropologische Ansätze und solche der situierten Kognition in sich vereint. Ausgewählte Ansätze werden im Folgenden kurz skizziert, wobei explizit auf die Unvollständigkeit der Darstellung hingewiesen wird. Ob die konstruktivistische Perspektive auf Wissenserwerb als Paradigma (Dubs 1995; Duit 1995) gegenüber den vorausgegangenen objektivistischen Ansätzen zu verstehen ist oder als

Weiterentwicklung bereits bestehender Erkenntnisse (Terhart 1999), wird in dieser Arbeit nicht diskutiert.

Der **Soziale Konstruktivismus** entwickelte sich innerhalb der Soziologie und der Sozialpsychologie. Er analysiert die Entstehung und Entwicklung gesellschaftlichen Wissens und gesellschaftlicher Ordnungen. Nach Berger und Luckmann (1969) ist jedes Individuum der Gesellschaft an der Konstruktion gesellschaftlichen Wissens und ihrer Ordnung beteiligt. „Die Dinge sind nicht so, wie sie sind, sondern wie sie die Gesellschaft für ihre Mitglieder gedeutet hat und wie sie sie weiter deutet" (Abels 2010, S. 89). Über die Konstruiertheit sozialer Tatsachen hinaus erörtern Berger und Luckmann, wie sich soziale Realität gesellschaftlich erhärtet und so mit der Zeit von den Individuen als objektiv gegeben erfahren wird (Knorr-Cetina 1989).

Die **Situated-Cognition-Bewegung** speist sich aus mehreren konstruktivistischen Ansätzen, die die Situiertheit von Wissenskonstruktion und Lernen in den Mittelpunkt ihrer Überlegungen stellen. Hierzu zählt z. B. das „Konzept der Situiertheit" von Greeno sowie die kognitiv anthropologischen Ansätze der „Guided Participation" von Rogoff und der „Community of practice" von Lave. Beide kognitiv-anthropologischen Ansätze nehmen zusätzlich zu der Frage, wie Wissen entsteht, die soziale Eingebundenheit der Konstruktion in den Blick (Gerstenmaier und Mandl 1995; Reinmann-Rothmeier und Mandl 2001).

Aus den vielfältigen konstruktivistischen Ansätzen wurde eine Lehr-Lern-Theorie hergeleitet, die zentrale konstruktivistische Perspektiven berücksichtigt und die sich vor allem in der Lehr-Lern-Forschung und den Naturwissenschaftsdidaktiken etabliert hat, ohne jedoch auf diese Fachrichtungen beschränkt zu sein: der **moderate Konstruktivismus** (Riemeier 2007). Der moderate Konstruktivismus „findet in allen Bereichen Anwendung, in denen es um Menschen und deren Wissen, Handeln, Denken und Lernen geht, d.h. er bezieht sich sowohl auf schulische als auch auf außerschulische Lernsituationen" (Riemeier 2007, S. 69). Aufgrund des Schwerpunkts der Betrachtung von Wissen und Denken wird der moderate Konstruktivismus auch als wissensbasierter Konstruktivismus bezeichnet (Reinmann-Rothmeier und Mandl 2006). Er schließt viele Aspekte der zuvor genannten konstruktivistischen Ansätze mit ein, z. B. die Situiertheit der Lernumgebungen und die Bedeutung sozialer Kontexte für das Lernen, und er rückt den Lerner und dessen Prozess des Lernens in den Mittelpunkt der Praxis des Lehrens und Lernens. Die folgend genannten Merkmale (nach Reinmann-Rothmeier und Mandl 2006 und Riemeier 2007) charakterisieren den Lernprozess:

1. Lernen ist ein aktiver Prozess.
   Lernen kann nur durch einen aktiven Lernprozess zu einem langfristigen Wissenszuwachs des Lernenden führen. Eine passive Übertragung von Wissen von einem Experten auf den Lernenden ist nicht möglich.
2. Lernen bedeutet, sich Welt und Wissen zu konstruieren.
   Lernen sollte im Sinne des konstruktivistischen Verständnisses als individuelle Konstruktion von Bedeutung verstanden werden. Das Vorwissen des Lernenden spielt in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle, da neue Inhalte in bereits vorhandene Konstruktionen integriert werden müssen. Die Struktur vorhandener Kognitionen kann das Lernen neuer Inhalte erleichtern oder auch erschweren.
3. Lernen ist individuell.
   Lernen ist immer das Produkt aus individuellen kognitiven Strukturen und äußeren Impulsen. Derselbe Impuls kann bei zwei Individuen mit unterschiedlichen kognitiven Strukturen zu sehr verschiedenen Konstruktionen führen. Die individuellen Konstruktionen werden dabei nicht nur von kognitiven, sondern auch von affektiven Aspekten wie z. B. der Motivation beeinflusst.
4. Der Lerner steuert seinen Lernprozess selbst.
   Äußere Einflüsse können den Lernprozess des Lernenden nicht steuern, aber sie können ihn anregen, seinen eigenen Lernprozess zu steuern.
5. Lernen ist sozial.
   Konstruktivistische Ansätze verstehen Menschen als autopoetische Systeme, die sich ihr Wissen selbst aus Reizen, die sie über ihre Sinnesorgane aufnehmen, konstruieren. Über Kommunikation können Menschen aber auch intersubjektive Welten aufbauen. Die Bedeutung sozialer Kontakte für das schulische und außerschulische Lernen sollte daher nicht unterschätzt werden. Die individuellen Konstruktionen werden auch durch soziokulturelle Einflüsse und die Interaktion mit anderen Individuen beeinflusst.
6. Lernen ist emotional.
   Leistungsbezogene und soziale Emotionen beeinflussen das Lernen. Großen Einfluss haben Emotionen auf die Motivation des Lernenden, die sich wiederum auf die Konstruktionsleistung des Wissens auswirken kann.

7. Lernen ist situiert.
   Die Integration neuer Inhalte in die bereits vorhandene Wissensstruktur erfolgt immer unter Berücksichtigung des Kontextes. Wissen, das kontextunabhängig oder im „falschen“ Kontext konstruiert wird, steht in Anwendungssituationen nicht zur Verfügung. Es wird auch als „träges Wissen“ (Mandl et al. 1993) bezeichnet. Wird Wissen aber aktiv und selbstreguliert in dem Kontext erworben, der ihm Bedeutung verleiht, kann es in zukünftigen Anwendungssituationen wieder aktiviert werden (Gerstenmaier und Mandl 1995).

3.4.1.1.3 Konsequenzen aus der konstruktivistischen Sichtweise für Unterricht

Konstruktivistische Ansätze, die das Lehren und Lernen zu erklären versuchen, verstehen Lernen als aktiven Konstruktionsprozess. Lernen erfolgt innerhalb des zum Zeitpunkt des Lernens vorliegenden Kontextes, der von verschiedenen Variablen beeinflusst wird. Zu diesen Variablen zählen die räumlichen und persönlichen Bedingungen sowie zur Verfügung gestellte Materialien, aber auch die Motivation des Lernenden. Aus konstruktivistischer Sicht tritt das Lernen in den Mittelpunkt des Interesses. Lehrende, die diese Lehr-Lern-Theorien ernst nehmen, fragen nicht „Was soll ich lehren?“, sondern „Wie kann der Schüler lernen?“ und „Wie konstruiert er sein Wissen und wie verhält sich sein Wissen zum Handeln?“. Sie ersetzen das „Primat der Instruktion“ durch das „Primat der Konstruktion“ (Reinmann-Rothmeier und Mandl 2006). Dieser Wandel führt zu einer Veränderung der Lehrer- und der Schülerrolle. Der Lernende ist dazu angehalten, selbst aktiv zu werden. Da eine Übertragung des Wissens vom Lehrer auf den Schüler nicht möglich ist, muss der Schüler selbst sein Wissen konstruieren. Die Aufgabe des Lehrers besteht darin, den Schüler bestmöglich bei dieser Konstruktion zu unterstützen, so dass das Wissen des Schülers so weit wie möglich mit fachlich anerkannten Konstruktionen übereinstimmt. Dazu bereitet der Lehrer passende Lernumgebungen vor und steht dem Schüler unterstützend zur Seite. Im Rahmen dieser Unterstützung kann auch wohldosierte Instruktion gewinnbringend eingesetzt werden (Reinmann-Rothmeier und Mandl 2006). Der Lehrer nimmt eine, was den Lernprozess betrifft, passivere aber nicht weniger anspruchsvolle Rolle ein. Er berücksichtigt die Situiertheit von Lernen, indem er komplexe, lebens- und berufsfeldnahe Lernumgebungen und Situationen schafft, die an der Lebenswelt des Schülers ansetzen und ihn auch affektiv ansprechen. Lernumgebungen, die dies nicht berücksichtigen, können träges Wissen erzeugen, das der Schüler zwar gegebenenfalls in einer Leistungsüberprüfung kurzfristig abrufen kann, das aber darüber hinaus nicht mehr zur Anwendung kommt.

Das eigenständige Lernen des Schülers kann als entdeckendes Lernen durchgeführt werden, wobei das Interesse des Schülers und seine eigenen Konstruktionsbedürfnisse im Vordergrund des Lernprozesses stehen.
Lernen im Sinne der konstruktivistischen Lehr- und Lerntheorie sollte in kollektiver und kooperativer Weise verlaufen (Reinmann-Rothmeier und Mandl 2006). Nur durch den regelmäßigen Vergleich der eigenen Konstruktionen mit den Konstruktionen anderer können die eigenen Vorstellungen auf Übereinstimmungen und Abweichungen überprüft und gegebenenfalls verändert werden. Das Auftreten fachlich falscher Vorstellungen, die innerhalb einer Lerngruppe diskutiert werden, wird im Gegensatz zu traditionellen pädagogischen Ansätzen nicht als negativ bewertet. Von einem Lerner geäußerte fachlich falsche Vorstellungen, die in der Gruppe diskutiert und überdacht werden, gelten sogar als verständnisfördernd (Smith et al. 1993). Die soziale Eingebundenheit des Lernenden in eine Lerngruppe fördert den Austausch von individuellen Vorstellungen und den damit verbundenen Aufbau intersubjektiver Konstruktionen (Dubs 1995; Klein und Oettinger 2000).
Unterricht so zu gestalten, dass die Denk- und Konstruktionsprozesse jedes einzelnen Lernenden optimal gefördert werden, gelingt nur, wenn der Lehrer den Unterricht explizit unter Berücksichtigung des Vorwissens und der Leistungsfähigkeit seiner Schüler entwirft. Dies kann z. B. durch Auswahl verschiedener Lernmedien auf unterschiedlichen Leistungsniveaus oder mit verschiedenen thematischen Ausrichtungen gelingen. Aus der individuellen und auch interessensabhängigen Förderung der Schüler resultiert eine eingeschränkte Planbarkeit, die jeden Lehrer vor Herausforderungen stellt. Soweit dies im Rahmen des gültigen Lehrplans möglich ist, sollten auch Lernziele in einem an konstruktivistischer Didaktik orientierten Unterricht nicht kleinschrittig und statisch formuliert werden, sondern an die Leistungsfähigkeit und das Interesse der Lernenden angepasst werden. Lehrende, die die Eigenständigkeit der Konstruktionen ihrer Schüler ernst nehmen, können didaktische und methodische Mittel nicht über die Köpfe der Schüler hinweg planen und einsetzen. Stattdessen werden didaktische und methodische Maßnahmen sowie die Vorläufigkeit thematisierter Theorien transparent gemacht, um den Schülern eine angemessene Einordnung ihres Wissens zu ermöglichen (Klein und Oettinger 2000). Die Evaluation des Lernerfolgs sollte nicht ausschließlich auf die Lernprodukte im Sinne falscher oder richtiger Antworten fokussieren, sondern den Lernprozess und individuelle Fortschritte in den Blick nehmen. Klassische Instrumente der Leistungsbeurteilung können hier nur begrenzt sinnvoll eingesetzt werden. Daher sollten diese durch Instrumente der Selbstevaluation, wie z. B. Portfolios, ergänzt werden, die

individuelle Lernprozesse und Fortschritte dokumentieren und den Lernenden bewusst machen (Dubs 1995; Klein und Oettinger 2000).

3.4.1.1.4 Konkrete Bedeutung für das Seminar

Moderater Konstruktivismus als Lehr- und Lerntheorie ist für das vorgestellte Projekt in mehrfacher Hinsicht von entscheidender Bedeutung. Er bildet er die lehr- und lerntheoretische Basis des Seminars. So weit wie möglich, und den konkreten Rahmenbedingungen angepasst, wurden Charakteristika konstruktivistischer Didaktik berücksichtigt. Lernaufgaben wurden meist in Paaren oder kleinen Gruppen – häufig auch in Form kooperativen Lernens (Brüning und Saum 2009a; Brüning und Saum 2009b) – bearbeitet, um den Studierenden möglichst häufig Gelegenheit zu geben, ihre Vorstellungen mit anderen Lernenden auszutauschen und abzugleichen. In kooperativen Lernformen setzten sich die Studierenden zuerst allein mit den Inhalten auseinander, bevor ihnen die Gelegenheit gegeben wurde, ihre Überlegungen mit denen anderer Studierender auszutauschen. Auch die Situiertheit des Lernens wurde während der Entwicklung der Veranstaltung berücksichtigt. Die Inhalte der Veranstaltung wurden im Kontext von Chemieunterricht vermittelt. Darüber hinaus wurde auch eine von mehreren geplanten Unterrichtsstunden mit einer Schulklasse durchgeführt, evaluiert und reflektiert. Die Anfertigung eines Portfolios als nicht bewerteter Leistungsnachweis unterstützte die individuelle Reflexion über die erlernten Inhalte und dokumentierte die individuellen Herangehensweisen der Studierenden.

Der moderate Konstruktivismus bildete die theoretische Basis für die Entwicklung des Seminars und wurde darüber hinaus den Studierenden als Lehr-Lern-Theorie für ihren zukünftigen Unterricht nahegelegt. Das konstruktivistische Verständnis von Lernen und Lehren bildet die Grundlage für das Verständnis von Schülervorstellungen.

3.4.1.2 Conceptual Change-Theorien

Konstruktivismus als Lehr- und Lerntheorie liefert Erklärungsmuster für die Entstehung kognitiver Strukturen. Aus dieser Theorie können zwar abstrakte Hinweise darüber abgeleitet werden, wie Wissen konstruiert wird, konkrete Anleitungen wie vorhandene Vorstellungen und kognitive Strukturen verändert werden können, liefern sie aber nicht. Für die schulische Praxis sind solche Ansätze aber besonders wichtig, da Schüler nicht als unbeschriebene Blätter in den Unterricht kommen,

sondern aus ihrer Lebenswelt bereits viele Erfahrungen und Vorstellungen mitbringen, die das Verständnis fachlicher Inhalte beeinflussen. Wird der Erwerb von Wissen entsprechend einem konstruktivistischen Verständnis von Wissenserwerb als Aufbau individueller Konstrukte innerhalb eines autopoietischen Individuums verstanden, muss dies einen Einfluss auf das Verständnis von Lehren und Lernen nach sich ziehen. Eine direkte Übertragung von Wissen und Vorstellungen von einer Person auf eine andere wird durch diese Annahme genauso ausgeschlossen wie die Annahme, dass eine Vorstellung eines Individuums durch eine andere, z. B. eine fachlich unangemessene durch eine fachlich angemessene, ersetzt werden kann (Marohn 2008a). Im Folgenden wird zunächst der Begriff definiert (Abschnitt 3.4.1.2.1), anschließend werden frühe kognitive Conceptual Change-Theorien diskutiert (Abschnitt 3.4.1.2.2) und Kritik und Erweiterungen zum Ansatz benannt (Abschnitt 3.4.1.2.3).

3.4.1.2.1 Begriffsklärung

In der psychologischen und der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wurden in den vergangenen Jahrzehnten verschiedene Ansätze entwickelt, die Lernprozesse als Konstruktionen auf der Basis individueller Vorstellungen erklären. Diese Ansätze bezeichnen Veränderungen kognitiver Strukturen als Conceptual Change bzw. Conceptual Growth. Conceptual Change beschrieb in der ursprünglichen Bedeutung einen radikalen Wandel von Vorstellungen im Sinne eines Kuhnschen Paradigmenwechsels (Posner et al. 1982). Conceptual Growth beschrieb die schrittweise Veränderung bereits vorhandener kognitiver Strukturen. Eine klare Trennung der beiden Begriffe hat sich in der wissenschaftlichen Literatur nicht durchgesetzt. Obwohl in keiner empirischen Studie ein reiner Conceptual Change im Sinne des völligen Austauschs einer Vorstellung gegen eine andere nachgewiesen werden konnte (Duit und Treagust 2003), wird dieser Begriff häufiger verwendet. Er wird dann aber meist nicht im Sinne einer wörtlichen Übersetzung als Konzeptwechsel verstanden, sondern bezieht schrittweise Veränderungen mit ein. Auch in dieser Arbeit soll der Begriff Conceptual Change in dieser, beide Begriffe umfassenden Weise, verstanden werden. Als Grundannahme hinter der Verwendung des Begriffes steht hierbei die Annahme, dass ein Austausch zweier Vorstellungen und die gleichzeitige Löschung der ersten nicht möglich sind. Stattdessen soll bei den Lernenden ein Verständnis dafür geschaffen werden, dass jede Vorstellung in einem bestimmten Kontext wirksam ist. Alltagsvorstellungen können in bestimmten lebensweltlichen Situationen Erklärungen oder Vorhersagen liefern, im fachlichen Kontext können sie unwirksam

sein, sodass naturwissenschaftliche Vorstellungen aufgebaut und herangezogen werden müssen (Heinecke 1997a).

3.4.1.2.2 Frühe kognitive Conceptual Change-Theorien

3.4.1.2.2.1 Conceptual Change-Theorie nach Posner und Strike

Posner und Strike veröffentlichten 1982 grundlegende Überlegungen zur Natur des Conceptual Changes. Ihre überwiegend epistemologische Theorie eines Conceptual Change beschrieb den Austausch einer fachlich falschen Vorstellung gegen eine fachlich richtige Vorstellung. Sie lehnten ihre Theorie an Piagets Überlegungen zur geistigen Entwicklung von Kindern an. Analog zu Piaget (Pfeifer et al. 2002) verstanden sie unter Assimilation alle Denkprozesse, die von bereits vorhandenen Denkstrukturen ausgehen und auf diesen aufbauen. Kommt es zu einem Konflikt zwischen dem vorhandenen Vorwissen und neuen Informationen, muss das Individuum seine kognitive Struktur ändern oder gegen eine alternative Vorstellung ersetzen, bezeichnen sie den Vorgang als Akkommodation. Sie formulierten vier Bedingungen, die erforderlich sind, damit ein Konzeptwechsel stattfinden kann.

1. Unzufriedenheit mit der aktuellen Konstruktion

Individuelle Vorstellungen sind meist sehr stabile kognitive Konstruktionen, die nicht einfach verändert werden. Individuen verändern ihre Vorstellungen in der Regel erst, wenn ihre vorhandenen Vorstellungen und Erklärungsmuster offensichtlich nicht mit aktuellen Frage- und Problemstellungen übereinstimmen, denn dann können diese ihrer Funktion – Vorhersagen und Orientierung zu liefern – nicht nachkommen. Erst wenn also ein hohes Maß an Unzufriedenheit mit der bestehenden Konstruktion erkannt wird, sind die meisten Individuen zu einer Änderung bereit. Eine Möglichkeit, im Unterricht gezielt Unzufriedenheit mit vorhandenen Vorstellungen zu erzeugen, ist die Provokation eines kognitiven Konflikts (Duit 1995). Schüler sollen auf Widersprüche zwischen ihren eigenen Denkkonzepten und wissenschaftlich akzeptierten Konzepten hingewiesen werden, indem z. B. ein Experiment durchgeführt wird, dessen Ergebnis sich durch die eigenen Vorstellungen nicht erklären lässt.

2. Verständlichkeit der neuen Konstruktion

Die neue Konstruktion muss für das Individuum verständlich sein. Wirklich verstanden werden können neue Inhalte aber nur, wenn sie an bereits verfügbare Strukturen

bzw. Vorstellungen ansetzen. Diese Annahme der Theorien des Conceptual Change wird u. a. durch neurophysiologische Erkenntnisse gestützt, die Lernen als Veränderung neuronaler Strukturen und Verknüpfungen verstehen (Kandel und Jessell, 2000 aus Marohn 2008).

3. Plausibilität des neuen Konstrukts
Die neue Vorstellung muss den Anschein erwecken, Situationen und Probleme lösen zu können, die die alte Vorstellung nicht bewältigen konnte. Besonders in Bezug auf das akute Problem, für das die alte Vorstellung keine Lösung anbieten konnte, muss der Lerner in ihr das Potential sehen, dieses Problem zu lösen. Sie muss darüber hinaus aber auch im Abgleich mit bereits vorhandenen kognitiven Strukturen des Lerners glaubwürdig erscheinen und darf nicht im Widerspruch zu seinen ontologischen Überzeugungen stehen. Ob ein neues Konstrukt als plausibel angenommen wird oder nicht, hängt von dem Grad der Übereinstimmung zwischen den existierenden Vorstellungen und der neuen Vorstellung ab (Krüger 2007; Posner et al. 1982).

4. Fruchtbarkeit des neuen Konzepts
Abschließend sollte das neue Konzept dem Lerner insofern fruchtbar erscheinen, als dass er es als ausbaufähig und als auf andere Kontexte anwendbar empfindet. Erlebt der Lerner das neue Konstrukt als fruchtbar, wird er es auch in anderen Kontexten dem alten Konstrukt vorziehen und dort anwenden.

Für den Einsatz von Lernumgebungen, die einen Konzeptwechsel bei den Lernenden anstreben, „ist es bedeutsam, dass nicht nur die Lehrperson meint, die vier beschriebenen Bedingungen in der Lehr-Lernsituation hergestellt zu haben, sondern insbesondere die Schüler die Lernsituation entsprechend einschätzen“ (Krüger 2007, S. 86).

3.4.1.2.2.2 Der Rahmentheorieansatz von Vosniadou

Vosanidou bezeichnet Conceptual Change als Veränderung von in Form mentaler Modelle abgespeicherten Wissensstrukturen. Mentale Modelle werden als dynamische und fruchtbare, situativ veränderbare Strukturen verstanden, die wiederrum durch *spezifische Theorien* und *Rahmentheorien* aufgebaut werden. Mentale Modelle entstehen häufig während der Auseinandersetzung eines Individuums mit einer Situation, in der ein, das Individuum herausforderndes, Problem gelöst werden

muss. Haben sie sich in mehreren Problemsituationen und über längere Zeiträume als sinnvoll bewährt, können sie in das Langzeitgedächtnis übernommen und in ähnlichen Problemsituationen wie der Entstehungssituation zur Verfügung gestellt werden. Eine weitere Annahme beruht darauf, dass Vorstellungen nicht separiert, sondern in größere theoretische Strukturen eingebettet vorliegen (Vosniadou 1994). Auf der Grundlage von Forschungsergebnissen zu (Schüler-)Vorstellungen über Eigenschaften und Form der Erde und theoretischen Überlegungen identifizierten Vosniadou und Brewer (Vosniadou 1994; Vosniadou und Brewer 1992) beispielsweise sechs mentale Modelle der Erde, die sie drei Kategorien mentaler Modelle zuordneten. *Initiale Modelle*, die vermehrt bei jungen Schülern auftreten, entstehen – unbeeinflusst von kulturell akzeptierten wissenschaftlichen Modellen – aus der alltäglichen Erfahrung der Kinder. Mit zunehmendem Alter und fortschreitender Schulbildung werden die Schüler immer häufiger mit wissenschaftlichen Modellen und Vorstellungen konfrontiert. Diese Konfrontation führt aber nicht unbedingt unmittelbar zur Akzeptanz der wissenschaftlichen Vorstellungen, sondern kann die Ausbildung eines *synthetischen Modells* zur Folge haben, das Eigenschaften des initialen und des wissenschaftlichen Modells ineinander vereint. Mit zunehmendem Alter erreichten in Vosniadous und Brewers Studien immer mehr Schüler das *wissenschaftlich akzeptierte Modell* (Vosniadou 1994; Vosniadou und Brewer 1992).

Conceptual Change als graduelle Modifikation mentaler Modelle kann, nach Vosniadou, durch zwei Mechanismen erfolgen. Zum einen können neue Informationen in bereits vorhandene Wissensstrukturen integriert werden (*Anreicherung*/ *Enrichment*), zum anderen kann ein Austausch individueller Vorstellungen oder Veränderungen bestehender kognitiver Strukturen erfolgen (*Revision*). Dieser Austausch kann sowohl auf der Ebene spezifischer Theorien als auch der Rahmentheorien erfolgen. Änderungen der Rahmentheorien gelten als schwieriger und als größere Gefahr für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen als Änderungen spezifischer Theorien. Fachlich falsche Vorstellungen entstehen nach Vosniadou durch den Versuch eines Individuums, wissenschaftliche Informationen aus einer von der wissenschaftlichen Theorie abweichenden Rahmentheorie abzuleiten (Stark 2003; Vosniadou 1994). Auf Grundlage ihrer Theorie zur Veränderung mentaler Modelle entwickelte Vosniadou (1994, S. 67 f.) Hinweise für Lehrende:

1. Schüler sollten im Unterricht mit Situationen konfrontiert werden, die sie zu aktivem, forschendem Handeln animieren, um ein realistisches Bild von Wissenschaft zu erhalten.

2. Schüler sollten dazu angehalten werden, Phänomene zu erklären und ihre Erklärungen mit anderen Schülern auszutauschen, gegen Kritik zu verteidigen und mit wissenschaftlichen Erklärungen zu vergleichen.
3. Lehrer sollten individuelle Vorstellungen ihrer Schüler ernst nehmen und Lernumgebungen entwickeln, die es den Schülern ermöglichen, ihre Vorstellungen zu überprüfen und ggf. auch zu verändern.

Ziel eines Unterrichts, der sich an diesen Hinweisen orientiert, ist ein kritischer Umgang der Schüler mit ihren eigenen Vorstellungen und ein Bewusstsein für deren Begrenztheit (Vosniadou 1994).

3.4.1.2.2.3 Kategorisierungsansatz von Chi

Der ebenfalls kognitivistisch orientierte Kategorisierungsansatz von Chi basiert auf der Annahme, dass kognitive Inhalte einer ontologischen Kategorie zugeordnet werden können. Als Oberkategorien werden *Dinge*, *Prozesse* und *mentale Zustände* vorgeschlagen. Diese Oberkategorien können jeweils in mehrere, sie erläuternde Unterkategorien aufgespalten werden, die sich wiederrum durch weitere Kategorien erläutern lassen. Beispielweise wird die *Prozess*-Kategorie in die Unterkategorien Prozedere, Ereignisse und die, für naturwissenschaftliche Inhalte höchst relevante, Constraint-based-Interaction-Kategorie gegliedert. Die unter verschiedenen ontologischen Oberkategorien zusammengefassten Unterkategorien sind untereinander trennscharf zu unterscheiden und weisen keine gemeinsamen Eigenschaften auf. Unterkategorien einer ontologischen Oberkategorie, die auf derselben hierarchischen Stufe angeordnet sind, können durch ontologische Eigenschaften höherer Ordnung miteinander verbunden sein (Chi et al. 1994; Stark 2002). Auf Grundlage der mehrfachen Untergliederung der drei Kategorien entstehen „Bäume“, die die Umfänge der Kategorien darstellen. Als Conceptual Change bezeichnet Chi kognitive Prozesse, während derer Inhalte von einer ontologischen Kategorie einer anderen zugewiesen werden. Besonders junge Schüler ordnen naturwissenschaftiche Inhalte häufig fehlerhaft der *Ding*-Kategorie (z. B. Strom) oder der *mentale-Zustände*-Kategorie (z. B. evolutionäre Vorgänge) zu, die aus wissenschaftlicher Perspektive Teil der Constraint-based-Interaction-Kategorie wären. Wissenschaftlich unzutreffende Zuordnungen resultieren nach Chi in der Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen. Die Veränderung der Zuordnung von Inhalten zu einer anderen als der zuerst zugewiesenen Oberkategorie kann Lernenden sehr schwer fallen, wenn sie „keine Notwendigkeit eines solchen Kategorienwechsels sehen oder weil sie

keine passende Kategorie für ein bestimmtes Konzept finden können“ (Fussangel 2008, S. 81).
In ihrer „Inkompatibilitäts-Hypothese“ unterscheiden Chi et al. zwei Lernszenarien, aus denen sie Schlussfolgerungen für die Schwierigkeiten ziehen, die entsprechende Konzeptwechsel bei Lernenden verursachen können. „[...] Concepts for which the veridical ontological status and the students’ conception are incompatible will be more difficult to learn, than those concepts whose ontological status between the vertical and the naive conceptions are compatible“ (Chi et al. 1994, S. 42).

3.4.1.2.3 Kritik und Erweiterungen der Conceptual Change-Theorien

Die vorgestellten Conceptual Change-Theorien, die den Vorstellungswandel einzelner Lerner bezüglich konkreter, meist stark domänenspezifisch naturwissenschaftlicher Vorstellungen in den Blick nahmen, wurden in den Jahren nach ihrer Veröffentlichung mehrfach in der wissenschaftlichen Diskussion aufgegriffen und kritisiert. Wesentliche Kritikpunkte an diesen Theorien betrafen die mangelnde Berücksichtigung affektiver, sozialer und motivationaler Einflüsse auf den Lehr- und Lernprozess (Duit und Treagust 2003; Heinecke 1997a; Pintrich et al. 1993).
Die rationale Fokussierung dieser Theorien auf die fachlichen Inhalte ignorierte sowohl motivationspsychologische Aspekte des Lernens als auch den Kontext, in dem Lernen stattfindet (Pintrich et al. 1993). Sie verstanden Lernen primär als rein kognitiven Vorgang. Aufgrund der starken Fokussierung auf rationale Aspekte des Conceptual Change, die affektive Einflüsse unberücksichtigt lässt, wurde die erste epistemologische Conceptual Change-Theorie von Posner und Strike als Cold Conceptual Change bezeichnet. Als Reaktion auf einige frühe Kritiken ihrer Conceptual Change-Theorie haben Posner und Strike 1992 eine Überarbeitung ihrer ursprünglichen Theorie veröffentlicht (Strike und Posner 1992).
Bezüglich der Motivation der Studierenden verglichen Posner und Strike den Lernenden mit einem Wissenschaftler innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinschaft (Strike und Posner 1992, S. 170). Pintrich et al. (1993) widersprechen dieser Annahme, indem sie unterstellen, dass das Lern- und Arbeitsverhalten innerhalb einer Schulklasse nicht mit einer Gemeinschaft von Wissenschaftlern vergleichbar sei. Das Lernen von Schülern wird wesentlich durch persönliche, motivationale und soziale Ereignisse geprägt. Soziale Aspekte der Schüler-Lehrer-Interaktion sowie Interaktionen zwischen den Schülern (innerhalb der Peer-Group) wirken sich ebenso wie individuelle Lernziele, Erwartungen, Bedürfnisse und das Selbstverständnis des Einzelnen auf das Lernen aus (Pintrich et al. 1993).

Die klassischen Conceptual Change-Ansätze waren von ihrer Grundstruktur her defizitorientiert, sie richteten ihren Blick auf das, was Schüler nicht können oder falsch machen (Stark 2002). Dass fachlich falsche Vorstellungen in Abhängigkeit vom Kontext, in dem sie wirken, auch angemessene Erklärungs- und Handlungsmuster liefern können, wurde nicht berücksichtigt. Lediglich der Ansatz von Vosniadou spricht den fachlich falschen, synthetischen Modellen das Potential zu, als Brücke zwischen fachlich falschen initialen und fachlich angemessenen wissenschaftlich akzeptierten Vorstellungen zu wirken. Die grundlegend defizitorientierte Haltung dieses Ansatzes wird durch eine ressourcenorientierte Perspektive ergänzt (Stark 2002). Ebenso wie Posner und Strike haben auch Vosniadou und Chi et al. als Reaktionen auf geäußerte Kritiken ihre Ansätze modifiziert und stärker an reale Kontexte im Bildungssystem angepasst (Chi und Roscoe 2001; Vosniadou et al. 2001).
Auch der soziale Kontext und die Kontextualisierung des Fachinhaltes wurden in den frühen kognitiv fokussierten Conceptual Change-Theorien nicht berücksichtigt. Aus sozialkonstruktivistischer Perspektive muss aber eine adäquate Kontextualisierung der Inhalte, kombiniert mit ausreichender Enkulturation der Lernenden, vorliegen, damit Lernen und ein damit verbundener Konzeptwechsel gelingen kann. Dies gelingt durch Einbettung der Lerninhalte in persönlich bedeutsame Kontexte, die, in authentischen Problemsituationen eingebettet, erarbeitet werden und durch ein ermutigendes Klassenklima, das es Schülern ermöglicht, selbstbestimmt und lehrerunabhängig verschiedene Standpunkte auszuhandeln (Krüger 2007; Marohn 2008a; Taylor und Fraser 1991).

3.4.2 Schülervorstellungen

Vorstellungen und Erfahrungen, die Schüler mit in den Unterricht bringen, beeinflussen das Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte. Über dreißig Jahre internationaler Forschung zu Schülervorstellungen und deren Einfluss auf das Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht bestätigen ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen im Chemie-, Physik- und Biologieunterricht. In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung ist die Bedeutung von Vorstellungen und Erfahrungen für das Lehren und Lernen unbestritten. Die Forschung zu Schülervorstellungen ist insofern ein nicht einzigartiger, aber besonderer Teil fachdidaktischer Forschung, weil sie zwangsläufig eine enge Bindung an Schule und zu Schülern aufbauen muss (Millar 1989). Der Transfer des didaktischen Wissens aus den Forschungseinrichtungen in die Klassenzimmer scheint aber noch nicht ausreichend gelungen zu sein.

Wissenschaftliche Studien zeigen, dass viele Lehrkräfte nur wenig über Schülervorstellungen wissen und daher kaum in der Lage sind, deren Ursachen einzuschätzen oder angemessen darauf zu reagieren (Gabel 1999; Uhren et al. 2013; Wilhelm 2008).

In diesem Kapitel wird im Anschluss an eine Begriffsklärung (Abschnitt 3.4.2.1) zunächst ein kurzer Überblick über die Entwicklung der Forschung zu Schülervorstellungen und deren Ursachen dargestellt (Abschnitt 3.4.2.2).

Während der Vorbereitung der Veranstaltung musste geklärt werden, welche Inhalte des Themenfeldes Schülervorstellungen konkret im Verlauf des Seminars vermittelt werden sollten. Die Entscheidung fiel auf die beispielhafte Vermittlung konkreter Schülervorstellungen, sowie auf die Beschäftigung mit verschiedenen Ursachen von Vorstellungen, Diagnosemöglichkeiten und Handlungsoptionen im Kontext Schülervorstellungen.

Eine wesentliche Herausforderung bestand darin, empirisch gefundene Vorstellungen nicht als einen abgeschlossenen Pool von Vorstellungen zu vermitteln, sondern die Studierenden darüber hinaus auch auf das Auftreten anderer, empirisch nicht beschriebener, aber im Schulalltag auftretender Vorstellungen vorzubereiten. Hierzu wurden empirisch gefundene Vorstellungen sowohl fachlichen Themen zugeordnet als auch nach ihren Ursachen systematisiert. Zuteilungen von Vorstellungen zu diesen Kategorien waren in der Literatur schon vorgenommen worden, eine umfassende Darstellung existierte bisher allerdings noch nicht. In der Vorbereitung des Seminars wurden die vorliegenden Arbeiten ausgewertet, und es wurde je eine umfassendere Auflistung erstellt, die als Grundlage für die Konzeption des Seminars diente und darüber hinaus auch den Studierenden als Orientierung zur Verfügung gestellt wurde. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden in den Kapiteln ‚Fachgebiete, in denen Schülervorstellungen beschrieben wurden' (Abschnitt 3.4.2.3) und ‚Ursachen von Schülervorstellungen' (Abschnitt 3.4.2.4) vorgestellt. Auch im Verlauf des Seminars vorgestellte Diagnosemöglichkeiten (Abschnitt 3.4.2.5) und Umgangsweisen mit Schülervorstellungen (Abschnitt 3.4.2.6) werden in diesem Kapitel theoretisch fundiert dargestellt.

3.4.2.1 Begriffsklärung

Der Begriff *Schülervorstellungen* bezeichnet Denkkonzepte zu naturwissenschaftlichen Phänomenen oder Vorgängen, die Schüler mit in den Unterricht bringen. Diese Denkkonzepte können von den wissenschaftlich gültigen Konzepten ab-

weichen oder mit ihnen übereinstimmen. Im Gegensatz zu Begriffen wie Fehlvorstellungen (z. B. Dittmer 2011; Hilbing und Barke 2004) oder misconceptions (z. B. König und Reiners 2003), die die Fehlerhaftigkeit einer Vorstellung im Vergleich zur „richtigen“ wissenschaftlichen Erklärung herausstellen, schließt die Bezeichnung Schülervorstellungen wertneutral alle Vorstellungen von Schülern ein. Je nach Ausprägung der Schülervorstellungen können sie das fachliche angemessene Verständnis chemischer Inhalte erschweren oder auch erleichtern. Fachlich nicht angemessene Vorstellungen waren und sind für die fachdidaktische Forschung von besonderer Bedeutung, da sie Schülern das Verständnis chemischer Inhalte erschweren oder zur falschen Beantwortung von Aufgaben führen können. Der Fokus der fachdidaktischen Forschung lag daher meist auf der Diagnose fachlich unangemessener Vorstellungen (Schmidt und Parchmann 2011; Smith et al. 1993).
Die weite Definition von Schülervorstellungen, wie sie in dieser Arbeit verwendet wird, entspricht dem aktuellen Stand der chemiedidaktischen Forschung, die Schülervorstellungen als Konstruktionsmuster der Lernenden versteht, mit der diese sich ihre Lebenswelt, zu der auch chemische Prozesse und nicht zuletzt Inhalte des Chemieunterrichts zählen, erklären. Nach diesem Verständnis werden alle individuellen Vorstellungen – unabhängig davon, ob sie mit den aktuell wissenschaftlich gültigen Vorstellungen übereinstimmen oder nicht – als Leistung des Schülers verstanden und als solche wertgeschätzt.
Im Kontext der Institution Schule ist ein Verständnis von Schülervorstellungen in Sinne der weiten Definition zwar gewünscht, aufgrund der institutionell verankerten Leistungsüberprüfungen ist aber in diesem Rahmen eine Unterscheidung von angemessenen und unangemessenen Vorstellungen obligatorisch. Als Maßstab für die Angemessenheit einer Vorstellung wird meistens die aktuell vorherrschende wissenschaftliche Vorstellung angelegt. In einigen Fällen (z. B. bezüglich des Atommodells) wird im Unterricht nicht die aktuellste Vorstellung vermittelt, sondern eine dieser vorausgehende. In diesen Fällen wird zuerst einmal die historische Vorstellung als Maßstab angesetzt. Die Antwort eines Schülers wird dann als richtig deklariert und bewertet, wenn sie mit der aktuell vorherrschenden wissenschaftlichen Vorstellung oder der im Unterricht vermittelten historischen Vorstellung übereinstimmt. Von dieser Vorstellung abweichende Schülervorstellungen werden als unwissenschaftlich und damit im Maßstab der Wissenschaftlichkeit als falsch betrachtet, auch wenn sie sich durch eine innere Logik und/oder eine Wirksamkeit in anderen, z. B. lebensweltlichen Kontexten auszeichnen. In diesem Sinne hält sich die Arbeit an Jung:

> „Es kann nicht das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein, die wissenschaftlichen Vorstellungen als die einzig möglichen und die einzig sinnvollen darzustellen. Ein unkritischer Relativismus kann aber ebenso wenig akzeptiert werden: Es muß anerkannt werden, daß lebensweltliche Vorstellungen, Alltagstheorien und -erklärungen in vielen Fällen schlicht falsch oder jedenfalls viel schlechter sind als wissenschaftliche.“ (Jung 1981, S. 77)

Keine der in dieser Arbeit verwendeten Formulierungen, die aktuell nicht wissenschaftlich akzeptierte Vorstellungen beschreibt, wie z. B. die Bezeichnungen *unwissenschaftliche Vorstellungen*, *nach fachwissenschaftlichen Maßstäben unangemessene Vorstellungen* oder auch *fachlich falsche Vorstellungen*, nimmt eine negative Bewertung der individuellen Vorstellung vor. Im Gegenteil werden auch diese Vorstellungen als Konstruktionsleistungen der Schüler aufgefasst, die höchste Wertschätzung verdienen. Sie stellen aber unmissverständlich klar, dass diese Vorstellungen nicht mit den aktuell wissenschaftlichen Vorstellungen übereinstimmen und damit dem Maßstab der Wissenschaftlichkeit nicht entsprechen. Ein Lehrer, der entsprechend seiner Aufgabe das Ziel verfolgt, seinen Schülern die aktuell vorherrschende wissenschaftliche Vorstellung zu vermitteln, darf diese fachlich falschen Vorstellungen nicht unberücksichtigt lassen.

Im Rahmen der Evaluationsinstrumente wurde bewusst die Formulierung *fachlich falsche Vorstellungen* gewählt. Da die Studierenden, die diese Veranstaltung besuchen, sich zumeist noch zu Beginn ihres Lehramtsstudiums befanden, konnte nicht davon ausgegangen werden, dass sie Vorwissen über Schülervorstellungen allgemein oder über deren Struktur speziell mitbringen. Fachlich möglicherweise präzisere Formulierungen wie z. B. *aktuell wissenschaftlich nicht akzeptierte Vorstellungen* könnten für diese Studierenden schwierig zu verstehen sein und somit ihre Aufmerksamkeit von den inhaltlichen Aspekten der Fragestellung auf die Wortwahl der Fragestellung lenken.

3.4.2.2 Entwicklung der Forschung zu Schülervorstellungen

Mitte der 1970er Jahre, den Anfangsjahren der weltweiten Beschäftigung mit Fehlvorstellungen oder misconceptions, fokussierten sich viele Forscher besonders darauf, Vorstellungen von Schülern zu den wesentlichen Inhalten des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu erkennen und zu beschreiben (Duit 1995). Die Forschung zu Schülervorstellungen fokussierte auf die Beschreibung und Analyse und sollte daher größtenteils als Grundlagenforschung bezeichnet werden. Millar (1989) wertete die entstandene Bewegung, die er als Alternative Concept Movement (ACM) bezeichnete, insofern als positiv, weil sie die fachdidaktische Forschung in die

Klassenzimmer und somit in die Realität der Lehrer an Schulen gebracht habe. Indem die Forschung die Lernvorgänge einzelner Lernender in den Fokus ihrer Betrachtung rückte, habe sie ihr zuvor vorherrschendes Paradigma überwunden, das Lernprozesse als *black box* ausklammerte und sich ausschließlich auf die „incomes“ und „outcomes“ konzentrierte. Er warnte aber davor, die Forschungspraxis in Zukunft unverändert weiterzuführen, wenn man nicht Gefahr laufen wollte, Schülervorstellungen wie „Briefmarken“ (Millar 1989, S. 588) zu sammeln. Den Transfer des errungenen Wissens in die Schulen bewertete er kritisch, wenn er bemerkte:

> „As regards application in the classroom of research ideas from the ACM, many teachers are now persuaded of the value of knowing about the prior ideas their pupils are likely to have about a given science topic, or of having the tools to elicit these for themselves, but are much less sure about how (or even whether) they can act on this knowledge when teaching a class of 25 or more learners.“ (Millar 1989, S. 588)

Die Unsicherheit von Lehrenden, ihr Wissen über Schülervorstellungen in ihre alltägliche Praxis zu integrieren, konnte zum Teil darauf zurückgeführt werden, dass die zeitgleich zur ACM aufkommende Beschäftigung mit Lerntheorien wie dem Conceptual Change zwar Modelle für den Einsatz von Conceptual Change für das Lernen und Lehren vorschlug (z. B. Posner et al. 1982), diese aber nur wenige konkrete Vorschläge für die Umsetzung im Unterricht bereithielten. In den folgenden zehn Jahren entstanden vereinzelte Konzepte, die Schülervorstellungen in den Unterricht integrierten, z. B. in Form von Concept Cartoons® (Keogh und Naylor 1999). Die Mehrzahl der Veröffentlichungen zu Schülervorstellungen der 90er Jahre konzentrierte sich aber weiterhin auf die empirische Analyse und Beschreibung von Schülervorstellungen. Konkrete Empfehlungen für die Unterrichtspraxis wurden aus den Forschungsergebnissen nur selten – und dann nicht offenkundig theoriegeleitet – abgeleitet und blieben weiterhin abstrakt (z. B. Nakhleh 1992; Sumfleth 1992). Auch wenn in den folgenden Jahren einzelne deutschsprachige Veröffentlichungen Ratschläge für guten Unterricht auf Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen stützten und Lehrern die Beschäftigung mit solchen Vorstellungen nahelegten (Jung 1986) und aus wissenschaftlichen Erkenntnissen zum Konzeptwechsel „Unterrichtsstrategien zum Vorstellungswechsel“ ableiteten (Heinecke 1997b), verlief die Integration dieser Forschungsergebnisse in Unterrichtsentwicklung und Unterricht schleppend. Zehn Jahre nach der Kritik Millars an mangelnder Integration der Erkenntnisse aus der Forschung zu Schülervorstellungen in die schulische Praxis bemerkte Gabel:

> „Although chemistry education researchers have identified common misconceptions for almost every topic taught in introductory science courses, probably nine out of ten instructors

> are not aware of these misconceptions or do not utilize ways to counteract them in instruction.“ (Gabel 1999, S. 552)

Und sie schließt ihren „Blick in die Zukunft“ mit der Erkenntnis, dass eine Integration aktueller Forschungsergebnisse in den Unterricht notwendig sei:

> „Concurrently, there is a need to focus on ways to incorporate current research findings into the teaching and learning of chemistry today.“ (Gabel 1999, S. 552)

Auch wenn die Phase der Diagnose und empirischen Erfassung von Schülervorstellungen noch nicht abgeschlossen war und ist, so zeigte sich doch um die Jahrtausendwende herum ein Trend, Schülervorstellungen nicht mehr nur aus der Perspektive der Grundlagenforschung zu betrachten, sondern die in der Forschung gewonnenen Erkenntnisse auch als Quellen für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzbar zu machen. Für den deutschsprachigen Raum konnte eine Analyse der vielfach von Chemielehrern gelesenen chemiedidaktischen Zeitschriften PdN – ChidS, MNU, NiU–C/P und Chemkon[9] zeigen, dass sich die Anzahl der Artikel, die das Thema Schülervorstellungen thematisieren, in den ersten zehn Jahren des 21. Jahrhunderts im Vergleich zu den letzten zehn Jahren des 20. Jahrhunderts verdoppelt hatte. Dies kann als Hinweis dafür gewertet werden, dass fachdidaktische Forscher vermehrt versuchten, ihre Erkenntnisse auch Lehrern zugänglich zu machen.

Außerdem kann eine Verschiebung der Themen dieser Artikel von Beschreibungen von Vorstellungen über abstrakte Ansätze bis hin zu konkreten, für einzelne Unterrichtsinhalte ausgearbeitete, Konzepte beobachtet werden. Mit Blick auf den deutschsprachigen Raum kann die Verbreitung von Konzept Cartoons (u. a. Barke et al. 2009; Steininger und Lembens 2011; Stenzel und Eilks 2005) sowie die Entwicklung konkreter Unterrichtskonzepte, die Schülervorstellungen aktiv in das Unterrichtsgeschehen einbauen wie z. B. „choice2learn“ (Marohn 2008a; Marohn 2009; Marohn 2012a; Marohn 2012b) oder „Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren“ (Petermann et al. 2008; Petermann et al. 2009a) als Fortschritt für den Transfer fachdidaktischen Wissens über Schülervorstellungen in die schulische Praxis verstanden werden. Trotz der stärkeren Verbreitung fachdidaktischer Forschungsergebnisse in einschlägigen Zeitschriften und vielfach geäußertem Interesse von Lehrenden an dem Thema Schülervorstellungen in Fortbildungsveranstaltungen bemerkt Wilhelm im Jahr 2007, „dass Lehrer kaum Vorstellungen

[9] Zur Analyse wurde die Datenbank DChemLit.de verwendet. In dieser Datenbank wurden alle Artikel gesucht, die den Begriff „Vorstellungen“ enthielten. Diese Artikel wurden darauf überprüft, ob sie sich auf Vorstellungen – in dem in dieser Arbeit verstandenen Sinne – bezogen. Es wurden nur Artikel aus der Chemiedidaktik berücksichtigt. Von 1990 bis 2000 wurden nach dieser Analyse 15 Artikel zum Thema „Vorstellungen“ veröffentlicht, von 2000 bis 2010 waren es 33 Artikel.

von den Schülervorstellungen haben, die in den letzten 30 Jahren erforscht wurden“ (Wilhelm 2008, S. 44).

3.4.2.3 Fachgebiete, in denen Schülervorstellungen beschrieben wurden

Für fast alle Themengebiete der Chemie und des Chemieunterrichts wurden (Schüler-)Vorstellungen erkannt und beschrieben, die nicht mit den wissenschaftlich akzeptierten Vorstellungen übereinstimmen.
Einige Autoren haben bereits Überblicksdarstellungen verfasst, die die Vielfalt von Schülervorstellungen im Chemieunterricht verdeutlichen (vgl. Barke 2006; Didaktik der Chemie Universität Bayreuth und Wagner 2011; Kind 2004). Um dem Leser den Überblick zu erleichtern, wurden die empirisch gefundenen Vorstellungen meist unter Oberkategorien zusammengefasst. Um für die Konzeption des Seminars einen möglichst umfassenden Überblick über wichtige Schülervorstellungen zu erhalten, wurden die vier oben genannten Überblicksdarstellungen miteinander verglichen. Aus dem Vergleich entstand eine Auflistung von Oberkategorien, die im Seminar eingesetzt werden konnten. Als mögliche Themen zu denen Schülervorstellungen entweder im Fragebogen oder im Seminar thematisiert werden konnten, ergaben sich folgende:

- Aggregatzustände
- Aufbau der Materie
- Chemische Bindung
- Chemische Reaktion
- Chemische und physikalische Änderungen
- Chemisches Gleichgewicht
- Energie
- Erhaltung (Masse und Energie)
- Mischen und Entmischen
- Offene/geschlossene Systeme
- Redox-Reaktionen/Elektrochemie
- Säure/Base/Neutralisation
- Stöchiometrie (Reaktionsgleichungen, Einheiten u. a. Mol)
- Struktur-Eigenschaft Beziehung
- Thermodynamik
- Unterscheidung Atom, Element, Bauteil, Mischung

Wie die konsultierten Überblicksdarstellungen erhebt auch diese Auflistung keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie diente lediglich zur Orientierung während der Konzipierung des Seminars, das einen breiten Überblick über Schülervorstellungen verschiedener Themenbereiche liefern sollte.
Generell besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit der vermittelten Inhalte zu Schülervorstellungen, was aufgrund der Vielzahl der bisher erfolgten Untersuchungen und Forschungsergebnisse und auch aufgrund der Individualität von Schülervorstellungen nicht zu erreichen ist. Es wäre auch gerade aufgrund der starken Individualität von Vorstellungen nicht ratsam (selbst wenn genügend Zeit zur Verfügung stünde), den Studierenden das Gefühl zu vermitteln, dass sie alle Vorstellungen kennen könnten. Stattdessen sollen die Studierenden als angehende Lehrer für das Auftreten und die Schwierigkeiten, die durch Schülervorstellungen entstehen können, sensibilisiert werden.

3.4.2.4 Ursachen von Schülervorstellungen

Wird Lernen entsprechend der Lerntheorie des Konstruktivismus (vgl. 3.4.1.1 Konstruktivismus als Lehr- und Lerntheorie) als aktiver Prozess verstanden, so kann und muss auch die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen auf Grundlage dieser Lerntheorie erklärt werden. Aus konstruktivistischer Sicht wird Lernen als aktiver, individueller Prozess des Lerners beschrieben, der sein Wissen selbstgesteuert in einem bestimmten Handlungskontext konstruiert (u. a. Reinmann-Rothmeier und Mandl 2001). Das auf der Psychologie persönlicher Konstrukte (Kelly 1963) aufgebaute konstruktivistische Verständnis von Lernen geht davon aus, dass jeder Mensch eine individuelle, durch persönliche Erfahrungen und Kenntnisse geprägte, Denkstruktur besitzt. Neu an das Individuum herantretende Informationen werden interpretiert, mit den vorhandenen Erfahrungen und Kenntnissen kombiniert und zu einer neuen, altes und neues Wissen verbindenden Konstruktion verknüpft. Für diese Konstruktion sind das Vorwissen und die bereits vorliegenden Denkstrukturen von herausragender Bedeutung.

> „The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.“ (Ausubel 1968, S. vi)

Im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht ist das Denkmuster der Schüler vor allem durch alltägliche und lebensweltliche Erfahrungen geprägt. Diese vorschulischen Erfahrungen werden auch als Präkonzepte bezeichnet (Barke et al. 2015). Im Verlauf der Schulzeit werden die Alltagserfahrungen dann um Erfahrungen aus dem Chemieunterricht und anderen Unterrichtsfächern ergänzt und

bilden im Kopf des Schülers ein geschlossenes, für den Schüler sinnvolles Konstrukt, mit dem er sich seine Welt erklärt und in das er neu gelernten Unterrichtsstoff zu integrieren versucht.
Die naturwissenschaftsdidaktische Forschung hat inzwischen eine Vielzahl möglicher Ursachen für die Entstehung fachlich falscher Schülervorstellungen identifiziert (u. a. Kienast 1999; Marohn 2008b; Marohn 2008d; Marohn und Schmidt 2004; Schmidt et al. 2007). Eine auf Literaturrecherche und unveröffentlichten Vorarbeiten des Arbeitskreises von Frau Prof. Marohn aufbauende Analyse hat die folgenden Oberkategorien von Quellen identifiziert, die zur Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen führen können.
Diese folgende Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die genannten Ursachenkategorien decken aber eine Vielzahl der bisher empirisch erforschten Schülervorstellungen ab. Die einzelnen Ursachen werden vorgestellt und anschließend anhand eines Beispiels erläutert. In einigen Fällen ist eine eindeutige Zuordnung zu diesen Kategorien nicht möglich. Mehrdeutigkeiten von Abbildungen können beispielsweise zum einen auf den Modellcharakter der Abbildung zurückgeführt werden, zum anderen können Schwierigkeiten aber auch aus der Umsetzung der didaktischen Reduktion entstehen.

(A) **Erfahrungen aus dem Chemieunterricht**

(A1) Fachsprache und Alltagssprache im Unterricht

Fachbegriffe können zur Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen führen, wenn derselbe Begriff zusätzlich zu seiner wissenschaftlichen Bedeutung mit einer alltagssprachlichen Bedeutung belegt ist. Zum Beispiel fand Kienast (1999) heraus, dass die alltägliche Bedeutung des Begriffs „Gleichgewicht“ Schülern das Verständnis des chemischen Gleichgewichts erschweren kann. In der alltagssprachlichen Bedeutung stellt sich ein Gleichgewicht dann ein, wenn beide Seiten einer Waage mit derselben Masse belastet werden. In diesem Fall stellt sich ein Massengleichgewicht ein. Wenn Schüler dieses ihnen bekannte statische Massengleichgewicht auf das chemische Gleichgewicht übertragen, entsteht die Vorstellung, dass im Gleichgewichtszustand die Summe der Stoffmengen der Edukte gleich der Summe der Stoffmengen der Produkte sein müsse. Die dynamische Komponente des chemischen Gleichgewichts wird nicht berücksichtigt.

(A2) Begriffe im Wandel

Auch Fachbegriffe, die keine doppeldeutige Bedeutung haben, können dann zu Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen führen, wenn sich ihre Bedeutung im Verlauf der Zeit gewandelt hat und mindestens zwei unterschiedliche Definitionen im Unterricht angewendet werden. Ein Beispiel hierfür ist der Begriff der Neutralisation (Schmidt 1991; Schmidt 1992; Schmidt 1994b). Im 17. Jahrhundert wurden Neutralisationsreaktionen phänomenologisch definiert. Säuren und Basen wurden anhand ihres Geschmacks und ihrer Eigenschaften, bei bestimmten Pflanzenstoffen Farbänderungen hervorzurufen, definiert. Man verstand Säuren und Basen als Gegenspieler, die gegenseitig ihre jeweiligen Wirkungen aufhoben und eine neutrale Lösung zurückließen. Die Namensgebung für das Endprodukt dieser Reaktion als neutrale Lösung ist auf das lateinische Adjektiv „neuter“ zurückzuführen, das übersetzt „keiner von beiden“ bedeutet. Nachdem Anfang des 18. Jahrhunderts mit Lavoisier und Liebig substantielle Kriterien die Definitionen von Säuren und Basen prägten, definierte Arrhenius diese 1887 auf funktioneller Grundlage (Pfeifer et al. 2002). Wasserstoffverbindungen, die in wässriger Lösung unter Bildung von Protonen, bzw. Oxonium-Ionen dissoziieren, definierte Arrhenius als Säuren, solche, die u. a. in Hydroxid-Ionen dissoziieren, nannte er Basen. Die Neutralisationsreaktion wurde auf molekularer Ebene als Reaktion eines Oxonium-Ions und eines Hydroxid-Ions zu Wasser definiert. Mit dieser Definition hatte die Neutralisationsreaktion aber noch nicht ihre endgültige Bedeutung erreicht. Als nächstens stellte Brönsted 1923 die Bedeutung des Protons im Donator-/Akzeptorsystem der konjugierten Säure/Base-Wechselwirkungen heraus. Diese ebenfalls die funktionelle Ebene beschreibende Definition entspricht in der Regel der Definition von Säuren und Basen, die Schüler zum Abschluss der Mittelstufe beherrschen. Von den fachwissenschaftlich fortgeschritteneren strukturellen Definitionen nach Lewis und Pearson lernen Schüler des Gymnasiums meist lediglich die Erste im Verlauf der Oberstufe kennen. Schmidt konnte zeigen, dass Schüler der gymnasialen Oberstufe noch lange, nachdem der Neutralisationsbegriff nach Arrhenius im Unterricht eingeführt worden war, an der zuerst gelernten phänomenologischen Definition von Säuren und Basen und der damit verbundenen Definition von Neutralisationsreaktionen festhielten. Auch wenn nur bei wenigen Schülern davon ausgegangen werden kann, dass sie die Bedeutung der lateinischen Vokabel „neuter“ mit den Inhalten des Chemieunterrichts verbinden, müssen Chemielehrer davon ausgehen, dass Schülern die ursprüngliche Definition aus der Alltagssprache und auch aus dem

Anfangsunterricht des Chemieunterrichts, in dem Säuren und Basen zunächst rein phänomenologisch definiert werden, geläufig ist.

(A3) Gebrauch von Modellen/Abbildungen

Das Lernen von und mit Modellen ist charakteristisch für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Der Modellbegriff umfasst sehr unterschiedliche Modelltypen, die in einem Kontinuum zwischen extremen Modellformen – Denkmodelle/ theoretische Modelle und gegenständliche Modelle – eingeordnet werden können. Zu den für den Chemieunterricht relevanten Modelltypen zählen u. a. Modellexperimente, Struktur- und Funktionsmodelle, bildliche und symbolische Modelle sowie Simulationen. Diese Modelltypen lassen sich nicht trennscharf voneinander abgrenzen, sondern lassen Überschneidungen zu (Pfeifer et al. 2002). Plastische Modelle sollen abstrakte Denkmodelle wie Formeln und Gleichungen veranschaulichen und den Schülern das Lernen chemischer Inhalte erleichtern. Nach Barke et al. besteht eine der zentralen Fragen des Vermittlungsprozesses darin, „welche Anschauungsmodelle wie Molekülmodelle, Kugelpackungen und Raumgitter zur chemischen Struktur einsetzbar sind, damit Formeln und Gleichungen auf dieser Grundlage für die Lernenden weniger abstrakt sind“ (Barke et al. 2015, S. 197). Auch wenn Strukturmodelle[10] Schüler beim Verständnis abstrakter Inhalte unterstützen können, wurde ihr Einsatz in der chemiedidaktischen Forschung kritisch diskutiert. Als Hauptkritikpunkte nannte Haupt (1996)

- die willkürlichen Begrenzungslinien beim Zeichnen des Atoms und die Begrenzung für etwas Raumerfüllendes (vgl. auch Buck 1994),
- die Farbigkeit der Modellkugeln, da sie dem Lernenden nahelegt, dass einzelne Atome eine Farbe hätten (z. B. Kohlenstoffatome seien schwarz), und
- den Einsatz des Analogie-Modell-Versuchs, der das Mischen von Alkohol und Wasser durch kleine und große Kugeln veranschaulicht (vgl. auch Plehn 2012).

Trotz der genannten Kritikpunkte plädieren Haupt und Barke für den Gebrauch von Strukturmodellen auch im Anfangsunterricht. Beide führen entwicklungsphysiologische/lernphysiologische Gründe dafür an, dass Schüler der Mittelstufe die durch Strukturmodelle geleistete Vereinfachung für ein sinnvolles Verständnis chemischer

[10] Definition nach Haupt (1996): „Strukturmodelle sind dreidimensionale Kugelmodelle in [sic] Sinne der Atomvorstellung nach Dalton. Sie veranschaulichen die Anordnung der Teilchen in Stoffen: Metalle, Legierungen, Salzen, Flüssigkeiten, Lösungen, Gasen usw. Die kleinsten Teilchen können sein: Atome, Moleküle, Ionen und Molekülionen [...]“, S. 9/163.

Inhalte benötigen, und regen an, Modellkritik schon früh als Teil des Chemieunterrichts zu integrieren und so fachlich falschen Vorstellungen vorzubeugen (Barke et al. 2015; Haupt 1996). Ein weiterer Kritikpunkt an Struktur-/Kugelmodellen liegt in der sich wandelnden Verwendung des Kugelsymbols im Verlauf des Chemieunterrichts. Während das Kugelsymbol im Anfangsunterricht häufig – im Sinne der Definition des Strukturmodells nach Haupt – für verschiedene Strukturen (Moleküle, Atome, Ionen, Struktureinheiten) verwendet wird, steht das Kugelsymbol im fortgeschrittenen Chemieunterricht in der Regel für ein Atom. Die doppeldeutige Verwendung des Kugelsymbols kann dazu führen, dass Schüler im Anfangsunterricht eingesetzte Abbildungen zur Änderung von Aggregatzuständen noch in der Oberstufe als Modelle für das Verdampfen von Molekülen heranziehen und auf dieser Grundlage den Vorgang des Verdampfens als Trennung der das Molekül aufbauenden Atome interpretieren (Marohn 2008d; Marohn und Egbers 2011). Eine Möglichkeit, der Ausbildung dieser fachlich falschen Vorstellung vorzubeugen, besteht zum Beispiel darin, das Kugelsymbol ausschließlich für Atome zu verwenden und „Teilchen“ im Sinne des Teilchenmodells des Anfangsunterrichts durch andere Symbole, z. B. Mehrecke, darzustellen (Harsch et al. 2014).

(A4) Didaktische Reduktion und Merksätze

Die zentrale Aufgabe von Lehrenden besteht darin, die Komplexität und Abstraktheit von Lerninhalten so weit zu reduzieren, dass sie den kognitiven Fähigkeiten der Lernenden entsprechen. Würde ein Lehrer im Anfängerunterricht wissenschaftliche Inhalte auf universitärem Niveau vermitteln, würde dies seine Schüler überfordern und ihnen jede Freude am Fach nehmen. „Die fachdidaktischen Bemühungen, einen Lerngegenstand so aufzuarbeiten, dass er dem Lernenden leichter oder überhaupt erst zugänglich wird, werden als Elementarisierung, häufig auch als didaktische Reduktion bezeichnet.“ (Pfeifer et al. 2002, S. 181) Folgend wird anhand einiger ausgewählter Beispiele aufgezeigt, dass auch gut gemeinte und didaktisch begründbare Vereinfachungen zur Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen führen können.

Viele naturwissenschaftliche Begriffe (z. B. das chemische Gleichgewicht) tragen eine quantitative Bedeutung, die von vielen Schülern der Unter- und Mittelstufe kognitiv noch nicht umfassend erfasst werden kann. Im Unterricht der Mittelstufe reicht es meist aus, das chemische Gleichgewicht rein qualitativ zu behandeln. Erst in der Oberstufe sollte dann das Massenwirkungsgesetz eingeführt werden. Als Brückenfunktion von der qualitativen Ebene auf die quantitative Ebene kann die „Rückführung auf das „Halbquantitative““ (Bleichroth 1991, S. 6) vorgenommen werden.

Hierbei werden Quantifizierungen durch die Verwendung komparativer Begriffe (z. B. „gleich“, „kürzer“ oder „je...desto“-Beziehungen) auf der qualitativen Ebene vollzogen. Bei Aussagen auf der halbquantitativen Ebene besteht die Gefahr, dass der „Eindruck einer einfachen Proportionalität entsteht“, der der wissenschaftlichen Realität aber nicht entspricht (Bleichroth 1991, S. 6). Für ein Beispiel, welche Schwierigkeiten konkret aus der Rückführung auf die halbquantitative Ebene entstehen können, sei auf Jürgensens Erläuterungen zur stufenweisen Vereinfachung des pH-Wertes verwiesen (Jürgensen 2009). Andere Formen der Vereinfachung, die Lehrende vielfach in ihrem Unterricht einsetzen, um „gerade den leistungsschwächeren Schülern etwas Einprägsames an die Hand zu geben“ (Marohn 2008c, S. 46), sind einfache Formulierungen und Merksätze. Marohn konnte nachweisen, dass die Verwendung von Merksätzen wie z. B. „Gleiches löst sich in Gleichem“ oder „Je länger die Kette, desto höher der Siedepunkt“, die im richtigen Kontext Schülern helfen, im falschen Kontext angewendet zur Entstehung fachlich falscher Vorstellungen führen, wenn die den Kontext erläuternden Merkmale der Merksätze aufgrund der Verkürzung verloren gegangen sind.

(B) **Alltagserfahrungen**

Ein klassisches Beispiel für fachlich falsche Vorstellungen, die durch einen Gegensatz zwischen Alltagserfahrung und wissenschaftlichen Erklärungen resultieren, sind die Verbrennungs- oder Vernichtungsvorstellungen (Bergerhoff 1996; Driver et al. 1985; Haupt 1981; Sumfleth 1992). Jedes Kind weiß, dass ein Feuer Stoffe „vernichten“ kann. Diese Vorstellung resultiert z. B. aus der alltäglichen Beobachtung, dass eine brennende Kerze mit der Zeit, in der sie brennt, kleiner wird oder dass vom Osterfeuer am folgenden Morgen nur noch ein verhältnismäßig kleiner Rest Asche übriggeblieben ist. Der Chemieunterricht fordert von den Schülern dagegen ein Verständnis, dass dieser Vernichtungsvorstellung entgegensteht. Hier wird vermittelt, dass Verbrennungen Reaktionen des brennenden Stoffes mit Sauerstoff sind.

Im Chemieunterricht wird die Änderung von Eigenschaften im Allgemeinen als chemische Reaktion beschrieben. Die gebildeten Stoffe haben andere Eigenschaften als die eingesetzten. In der Vorstellung von Schülern sind Änderungen der Eigenschaften eines Stoffes aber nicht notwendigerweise immer mit der Bildung eines neuen, anderen Stoffes verbunden. Der ursprünglich vorhandene Stoff kann andere Eigenschaften annehmen. Beispielsweise werden Kupferdächer grün oder Silberlöffel werden schwarz (Barke und Harsch 2011, S. 15). Das Kupfer hat die Eigenschaft grün zu sein angenommen, es ist aber immer noch Kupfer. Barke bezeichnet

Vorstellungen, in denen Stoffe als Eigenschaftsträger fungieren, deren Eigenschaften sich je nach den vorliegenden Umweltbedingungen ändern, als „Umwandlungskonzepte“ (Barke 2006, S. 37 f.). Ursächlich für die konfliktlose Akzeptanz der Umwandlungskonzepte sieht er die Verwendung von Alltagssprache, die es verschiedenen Gegenständen erlaubt, unterschiedliche Eigenschaften anzunehmen. Beispielsweise können Frühstückseier weich oder fest gekocht werden. Unabhängig von ihrem Härtegrad bleiben sie aber Eier.

(C) **Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern**
In der fachdidaktischen Forschung wurden auch Vorstellungen diagnostiziert, die – von Fachlehrern anderer Naturwissenschaften mit bestem Wissen und Gewissen für ihre Fächer sinnvoll eingeführt – Schülern Schwierigkeiten beim Verstehen chemischer Inhalte bereiten können. Als Beispiele soll der Merksatz „Plus und Minus ziehen sich an“ aus dem Anfangsunterricht des Faches Physik genannt werden. Dieser – in Bezug auf Magneten – sinnvolle Merksatz kann im Oberstufenunterricht Chemie Schwierigkeiten beim Lösen von Aufgaben zur Elektrochemie zur Folge haben (Marohn 1999; Marohn und Schmidt 2004). Auch die unterschiedliche Bedeutung des Begriffs „Gleichung“ im Mathematik- und im Chemieunterricht kann zu Verständnis- und Lernschwierigkeiten führen (Reiners und Struve 2011).

Für die vorherige Vorstellung der Ursachenkategorien (A bis C) wurden Beispiele gewählt, die – wenn nicht anders erwähnt – in der Literatur relativ eindeutig einer der Kategorien zugeordnet wurden. Bei der Genese von Vorstellungen werden allerdings häufig Erfahrungen aus zwei oder mehr Bereichen miteinander verknüpft. Als Beispiel für eine Verknüpfung aus Erfahrungen des Alltags und aus dem Physikunterricht sollen fachlich falsche Vorstellungen zu dem Begriff „Stromfluss“ und den damit verbundenen chemischen Vorgängen in wässriger Lösung genannt werden. Im Physikunterricht lernen die Schüler, dass elektrischer Strom auf einer Bewegung von Elektronen beruht. Das Wort *Fluss* bezeichnet in der Alltagssprache oder im Fach Geographie ein Fließgewässer, das von der Quelle bis zur Mündung mit einer bestimmten Richtung fließt. Aus diesen beiden Erfahrungen leiten viele Schüler die Vorstellung her, dass sich bei *Stromfluss* Elektronen in einer bestimmten Fließrichtung bewegen. Diese Vorstellung ist mit der im Chemieunterricht vermittelten Vorstellung vom Stromfluss in wässrigen Lösungen nicht vereinbar (Marohn 2008a).

3.4.2.5 Schülervorstellungen erkennen

Kenntnisse über empirisch gefundene Schülervorstellungen und ihre Ursachen bilden eine wichtige Wissensgrundlage, damit Lehrer Schülervorstellungen in ihrem Unterricht berücksichtigen können. Um ihren Schülern aber individuell gerecht zu werden, müssen Lehrer darüber hinaus in der Lage sein, individuelle Vorstellungen zu diagnostizieren.

3.4.2.5.1 Diagnose im Unterricht allgemein

Ein Lehrer, der die Vorstellungen seiner Schüler ernst nimmt und sie deshalb in seinen Unterricht integrieren möchte, muss zunächst einmal die individuellen Vorstellungen seiner Schüler kennen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, da neues Wissen immer vor dem Hintergrund bereits vorhandenen Wissens konstruiert wird. Da das vorhandene Wissen neben den individuellen kognitiven Leistungen als einer der zentralen Prädiktoren für den Erwerb neuen Wissens gilt, sollte das Lernangebot immer an die Lernvoraussetzungen der Schüler angepasst werden (Hänze und Jurkowski 2011). Lernumgebungen und Impulse des Lehrers können nur dann passgenau auf die Voraussetzungen der Schüler angepasst werden, wenn der Lehrer diese Voraussetzungen über den gesamten Lernprozess hinweg regelmäßig erhebt. Diese Form der Diagnose wird als formative lernprozessbezogene Leistungserhebung (Formative Assessment; Heritage 2007) bezeichnet. Ihr gegenüber steht die summative Leistungserhebung, die das Lernprodukt in den Blick nimmt, den Lernprozess aber unberücksichtigt lässt. Klassische Instrumente der Leistungsüberprüfung, wie z. B. Klassenarbeiten, stellen Formen der summativen Leistungserhebung dar. Portfolios oder Lerntagebücher eröffnen darüber hinaus auch Möglichkeiten, den Lernprozess jedes einzelnen Schülers zu verfolgen.

Formative Leistungsbeurteilung, die nicht ausschließlich der Notengebung und Bewertung, sondern in erster Linie der Diagnose von Wissensständen für die passgenaue Entwicklung individueller Lernumgebungen dient, setzt Lernbedingungen voraus, in denen Schüler ohne Hemmungen ihre Vorstellungen und Fragen äußern. Hierfür sollte der Lehrer eine Lernatmosphäre schaffen, in der sich alle Schüler respektiert und in ihren Vorstellungen ernst genommen fühlen. Nur wenn Schüler sich mit ihren Vorstellungen von ihrem Lehrer und von ihren Mitschülern, also in ihrer „community of learners“ (Heritage 2007, S. 144), respektiert fühlen, sind sie bereit, Einblicke in ihre Vorstellungen, ihren Wissensstand, aber auch in ihre Unsicherheiten zu gewähren (Heritage 2007). Ist es dem Lehrer gelungen, eine

solche Arbeitsatmosphäre in seiner Lerngruppe zu etablieren, kann er sich vermehrt auf die Diagnose der Lernvoraussetzungen seiner Schüler konzentrieren.

Diagnose kann sowohl implizit als auch explizit erfolgen (Hesse 2014). Implizite Diagnose bezeichnet Urteile über alltäglich-pädagogische Situationen, Leistungen und Schwierigkeiten, die der Lehrer in alltäglichen Situationen häufig unreflektiert aufgrund Subjektiver Theorien oder Erwartungen fällt. Während des Unterrichts ist aufgrund der hohen Komplexität und der zeitlichen Begrenztheit die implizite Diagnose häufig die einzige Möglichkeit. Implizite Diagnosen können, in Abhängigkeit von den Ausprägungen der Subjektiven Theorien und Erwartungen des Lehrers, positive oder negative Effekte auf das Lernen der Schüler erzeugen. Auch wenn sie im Schulalltag häufig durchgeführt werden, sind sie nicht trivial (Lipowsky 2011). Für den täglichen und spontanen Einsatz im Unterricht kann implizites Diagnostizieren sinnvoll sein, solange der Lehrer sich der mangelnden Präzision und Objektivität seiner Diagnosen bewusst ist. Für wichtige pädagogische Entscheidungen wie z. B. pädagogisch-psychologische Probleme oder objektive Leistungsbeurteilungen, die unmittelbaren Einfluss auf den weiteren Lebensweg der Schüler haben, sollten implizite Urteile durch den Einsatz pädagogisch-psychologischer Diagnostik explizit überprüft und ergänzt werden (Hesse 2014; Hesse und Latzko 2013).

Pädagogisch-psychologische Diagnostik umfasst mindestens drei methodische Möglichkeiten, Informationen zu gewinnen: Beobachtungsmethoden, Gesprächsmethoden und standardisierte Fragebögen und Tests. Jedes Testinstrument der pädagogisch-psychologischen Diagnostik, unabhängig davon, ob es auf Beobachtung, Gespräch oder schriftlichen Äußerungen in standardisierten Tests aufbaut, muss an den im Rahmen der klassischen Testtheorie entwickelten Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität (Hesse 2014; Hesse und Latzko 2012; Hesse und Latzko 2013; Ingenkamp und Lissmann 2005) gemessen werden.

Die Wahl des richtigen Diagnoseinstruments ist höchst individuell, situativ und kann nicht nur anhand harter Gütekriterien getroffen werden. Verhaltensbeobachtungen sind beispielsweise verhältnismäßig fehleranfällig bezüglich ihrer Gültigkeit, da Wahrnehmungen eines Individuums nie objektiv sein können, sondern immer durch physische, psychische und soziale Einflüsse beeinflusst werden. Beeinflussungen kann teilweise durch Bewusstmachung und Reflexion des Beobachtenden entgegengewirkt werden. Die Validität einer Beobachtung wird aber nur in den seltensten Fällen ein identisch hohes Niveau erfahren, wie die Validität eines standardisierten, durch mehrfache Überprüfung kontrollierten Fragebogens. Trotzdem kann eine zielgerichtete, systematisch geplante und dokumentierte Beobachtung z. B. dann die

sinnvollste Diagnosemethode sein, wenn davon ausgegangen werden muss, dass bei Befragungen Auskunft verweigert oder eine falsche Angabe gemacht würde (Ingenkamp und Lissmann 2005).

Formative Leistungsbeurteilung sollte nicht nur durch den Lehrer erfolgen. Auch der Schüler sollte dazu angeregt werden, sein eigenes Lernen und das Lernen seiner Mitschüler innerhalb einer gut ausgeprägten „community of learners“ (Heritage 2007, S. 144) zu beobachten und darüber zu reflektieren. Damit dies gelingt, müssen Zielvorgaben und Kriterien zur Beurteilung der Ziele dem Schüler bewusstgemacht oder von ihm selbst formuliert werden. Schüler, die ihr eigenes Lernen reflektieren, wenn nötig gezielt Hilfe einfordern und anderen Lernenden gegenüber konstruktives Feedback äußern, verstehen sich selbst als aktiven Teil des Lernprozesses. Sie übernehmen Verantwortung für ihren Lernprozess und unterstützen ihre Mitschüler (Heritage 2007).

Lernprozessbezogene Diagnostik verlangt spezifisches fachliches und fachdidaktisches Wissen des Lehrers, das zum Teil auch über die „typische Fachlehrerexpertise“ (Hänze und Jurkowski 2011, S. 3) hinausgeht. Der Lehrer muss in der Lage sein, das Vorwissen seiner Schüler zu erfassen und angemessen einzuschätzen. Er sollte die gewonnenen Erkenntnisse über die Lernvoraussetzungen seiner Schüler nutzen, um Lehr-Lernprozesse so zu gestalten, dass jeder Schüler individuell innerhalb seiner Zone der proximalen Entwicklung gefordert wird. Die „Lücke“ zwischen dem bereits vorhandenen Wissen und dem zu erwerbenden Wissen so einzuschätzen, dass der Schüler die an ihn gestellten Ziele erreichen kann, fordert den Lehrer als Experten (Hänze und Jurkowski 2011; Heritage 2007). Lernprozessbezogene Diagnose erschöpft sich nicht in dem Erkennen des aktuell vorhandenen Wissensstandes, sondern beinhaltet immer auch das Angebot von individueller Förderung.

3.4.2.5.2 Diagnose von Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Psychologisch-pädagogische Diagnostik wird schulform- und fächerübergreifend eingesetzt. Sie zählt zu den Kompetenzen, die Lehrkräfte im Verlauf ihrer Ausbildung erwerben sollen (z. B. „Kerncurriculum für die Ausbildung im Vorbereitungsdienst für Lehrämter in den Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung und in den Ausbildungsschulen“ des Landes Nordrhein-Westfalen). Da Vorstellungen und Präkonzepte, die Schüler mit in den Unterricht bringen, für das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte von entscheidender Bedeutung sind, stehen Lehrende täglich vor

der Herausforderung, die Vorstellungen und Lernvoraussetzungen ihrer Schüler zu diagnostizieren und in ihrem Unterricht zu berücksichtigen.

Den Lehrenden stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um mehr über die Vorstellungen ihrer Schüler in Erfahrung zu bringen. Möglichkeiten der impliziten Diagnose bieten sich in jeder Unterrichtsstunde. Der Lehrer muss sie nicht provozieren, sondern sie als Möglichkeiten zur Diagnose identifizieren. Zu diesen Möglichkeiten zählt z. B. die Analyse von Schüleräußerungen im Unterrichtsgespräch, eine mitgehörte Unterhaltung zwischen zwei Schülern, die Formulierung einer Frage während einer Gruppenarbeitsphase oder die Analyse von Schülerantworten in Klassenarbeiten. Im naturwissenschaftlichen Unterrichtsalltag kann implizite Diagnose sinnvoll sein, um den Lehrer z. B. auf Stolpersteine im Lernprozess der Schüler aufmerksam zu machen.

Darüber hinaus kann der Lehrer auch auf explizite Diagnoseinstrumente zurückgreifen. Zu diesen Diagnoseinstrumenten zählen u. a. Diagnoseaufgaben, der Einsatz von interviewähnlichen Gesprächen zwischen dem Lehrer und einem oder wenigen Schülern sowie der Einsatz eines Fragebogens. Auch die Auswertung von Concept Maps und Schülerzeichnungen wurden als Diagnoseinstrumente beschrieben, die dem Lehrer Hinweise auf Vorstellungen seiner Schüler liefern können. Diese Diagnoseinstrumente werden im Folgenden kurz vorgestellt:

Die **Analyse von Schüleräußerungen** im Unterrichtsverlauf oder in Gesprächen zwischen dem Lehrer und seinem Schüler stellt eine sehr direkte und zeiteffiziente, allerdings auch fehleranfällige Form der Diagnose von Vorstellungen dar. Sie setzt voraus, dass die Schüler während des Unterrichts ihre Vorstellungen äußern. So trivial diese Voraussetzung klingt, so entscheidend ist sie für die Möglichkeit des Lehrers, Vorstellungen zu erkennen. Chemieunterricht war in der Vergangenheit häufig durch ein vom Lehrer geleitetes Unterrichtsgespräch geprägt (Sumfleth und Pitton 1998). Die Schüler beantworten Fragen der Lehrperson in Ein- und Zweiwortsätzen, die nur wenige Rückschlüsse darauf zulassen, ob der Schüler die wissenschaftliche Vorstellung verstanden oder nur den gefragten Fachbegriff auswendig gelernt hat (vgl. auch Heinecke 1997b, S.184). Möchte ein Lehrer die Vorstellungen seiner Schüler erkennen, muss er sie dazu animieren, ihre Antworten in zusammenhängenden, logischen Sätzen zu formulieren, um ihm sowie den Mitschülern einen Einblick in die eigenen Vorstellungen zu gewähren. Dies setzt eine vertrauensvolle, offene Lernatmosphäre voraus, in der sich jeder Schüler mit seinen Vorstellungen ernst genommen fühlt. Fachlich falsche Vorstellungen dürfen in dieser Lernatmosphäre

nicht als defizitär verurteilt, sondern als Ausgangspunkte für den Lernprozess des Schülers verstanden werden.

Speziell für die Diagnose von Schülervorstellungen wurden in zahlreichen empirischen Studien **Diagnoseaufgaben** zur Identifikation von Schülervorstellungen entwickelt und veröffentlicht (z. B. Fischer 2014; Kienast 1999; Marohn 1999; Marohn 2008d). Diese häufig für die wissenschaftliche Erforschung von Schülervorstellungen entwickelten Diagnoseaufgaben können von Lehrern eingesetzt werden, die gezielt wissen möchten, ob und in welchem Umfang eine bestimmte, empirisch beschriebene, fachlich falsche Vorstellung unter den Schülern ihrer Klasse auftritt. Darüber hinaus wurden einige **Diagnose-Tests** speziell für den Einsatz im Unterricht entwickelt (Petermann et al. 2009c; Petermann et al. 2010). Auch **Zeichnungen** von Schülern können als nicht (schrift-)sprachliche Äußerungen verstanden für die Diagnose von Vorstellungen oder Verständnisschwierigkeiten genutzt werden (u. a. Ben-Zvi et al. 1987; Schmidkunz 2011; Steffensky et al. 2005).

Dies gilt genauso für **Concept Maps.** Concept Maps, auch als Begriffsnetze bezeichnet, ermöglichen es dem Lehrer, Hinweise darauf zu erhalten, welche Beziehungen ein Lernender zwischen Objekten, Ideen und Personen sieht. Mit Begriffsnetzen kann erfasst werden, „inwieweit Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, Zusammenhänge in einem bestimmten Sachgebiet differenziert wiederzugeben“ (Behrendt und Reiska 2001, S. 9). Ein Erklärungsansatz der Kognitionsforschung erklärt Wissen als Speicherung von Einzelinformationen, die, netzwerkartig untereinander verknüpft, ein umfassendes Wissensnetz bilden. Neue Informationen werden am besten gelernt, wenn sie an das bestehende Netz aus Vorwissen und Vorerfahrungen anknüpfen (Sager und Ralle 2011). Concept Maps haben den Anspruch, diese kognitiven Verknüpfungen von Informationen indirekt sichtbar zu machen. Zeigt ein Concept Map eine Verknüpfung zweier Begriffe, die fachlich als nicht tragfähig bezeichnet werden muss, liegt sehr wahrscheinlich ein fachlich falsches Verständnis bei dem Verfasser der Concept Map vor. Die Analyse von Concept Maps bietet dem Lehrer einen Einblick in die Vorstellungen seiner Schüler und Anstöße, an welchen Stellen es sich lohnen könnte, seine Diagnose zu verstärken. Concept Maps können auch erfolgreich zur Diagnose bei Schülern eingesetzt werden, die Schwierigkeiten beim Verfassen von Texten haben. Sie eignen sich daher auch im Umgang mit heterogenen Lerngruppen (Lüthjohann und Parchmann 2011). Concept Maps können aber nur dann gewinnbringend für die Diagnose oder sogar die Bewertung von Schülern eingesetzt werden, wenn diese die Methode zuvor kennengelernt und ausgiebig erprobt haben (Lüthjohann und Parchmann 2011; Sager

und Ralle 2011). Auch andere Mapping Verfahren, z. B. Mind Maps, können Anstöße zum Nachfragen liefern.
Die vielfach in der wissenschaftlichen Erforschung von Schülervorstellungen eingesetzten **Interviews** und **Fragebögen** können für den Einsatz in der Schule so abgewandelt werden, dass sie auch von Lehrern einsetzbar sind. Als Abwandlung eines Interviews können z. B. gezielt gestellte Fragen des Lehrers an einzelne oder mehrere Schüler verstanden werden, die zur Diagnose des Lernstands dieser Schüler führen. Fragebögen können ähnlich wie Diagnoseaufgaben zur Diagnose der konkreten Vorstellungen innerhalb einer Klasse eingesetzt werden. Da Fragebögen von Schülern leicht als schriftliche Lernerfolgskontrollen verstanden werden, sollte der Lehrer seinen Schülern ihre Diagnosefunktion vor dem Einsatz bewusst machen.

3.4.2.6 Schülervorstellungen verändern

Sich der Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht bewusst zu sein und mithilfe geeigneter Diagnoseinstrumente diese auch in der eigenen Lerngruppe erkennen zu können, sind für (angehende) Lehrer wichtige Voraussetzungen für professionelles Handeln. Darüber hinaus sollten Lehrer auch eine Veränderung fachlich falscher Vorstellungen ihrer Schüler in Richtung fachlich akzeptierter Vorstellungen anstreben. Doch wie können Schülervorstellungen verändert werden?
Wird Lernen im Sinne eines konstruktivistischen Verständnisses von Lernen als individuelle Konstruktion verstanden, die neue Inhalte in bereits vorhandene Informationen und Erfahrungen zu integrieren versucht, können fachlich falsche Schülervorstellungen nicht in einem einfachen Austauschprozess durch wissenschaftlich gültige Konzepte ersetzt werden. Stattdessen müssen Lernumgebungen, die Schüler in Richtung fachlich richtiger Vorstellungen führen wollen, an vorhandenen Denkstrukturen der Schüler ansetzen und diese schrittweise verändern. Darüber hinaus sollten die Lerninhalte – idealerweise in einem ermutigenden Klassenklima – in authentische Problemsituationen und persönlich bedeutsame Kontexte eingebettet und von den Schülern selbstbestimmt und möglichst lehrerunabhängig erarbeitet werden (vgl. 3.4.1.2 Conceptual Change-Theorien). Folgend werden konkrete Ansätze zu Veränderung von Schülervorstellungen vorgestellt.

Concept Cartoons® und Konzept Cartoons[11]

Als einer der ersten Ansätze, die versuchten die Lücke zwischen der schon recht weit fortgeschrittenen Forschung zum Thema Schülervorstellungen und ihrer Anwendung in der schulischen Praxis zu schließen, wurden in den 1990er Jahren Concept Cartoons® entwickelt. Concept Cartoons® „were developed in a search for strategies which could help to clarify the relationship between constructivist models of learning, scientific epistemology and classroom practice“ (Keogh und Naylor 1999, S. 431). Sie zeigen comicartig gezeichnete Situationen, in denen kleine Personengruppen, meist drei bis vier Personen, ihre Vorstellung zu einer Alltagssituation oder einem Phänomen äußern. Die einzelnen Vorstellungen werden meist in Sprechblasen dargestellt (Keogh und Naylor 1999, S. 432).

Concept Cartoons® weisen Übereinstimmungen zu Forschungsmethoden auf, die zur Diagnose von Schülervorstellungen entwickelt worden waren, wie z. B. der Gebrauch einer Abbildung zur Verdeutlichung des Sachverhalts, die Minimierung des schriftsprachlichen Anteils und die Konfrontation mit unterschiedlichen – fachlich angemessenen und fachlich unangemessenen – Vorstellungen zu einem Thema. Diese Charakteristika regen Schüler besonders gut dazu an, ihre Vorstellungen zu überdenken und Hypothesen bezüglichen der Ursachen von lebensweltlichen, naturwissenschaftlichen Phänomenen aufzustellen. Daraus schlussfolgerte Gunstone: „The methods used to probe students' ideas/beliefs are also, almost by definition, excellent teaching/learning strategies“ (Gunstone 1988, S. 90). Die Einbettung der Cartoons in lebensweltliche Kontexte soll die Schüler zu einer Reflexion über die Bedeutung von Naturwissenschaften in ihrer Lebenswelt anregen und ihnen gleichzeitig die Relevanz ihrer Vorstellungen verdeutlichen (Keogh und Naylor 1999). Concept Cartoons® können je nach Einsatzgebiet verschiedene Funktionen erfüllen. Ursprünglich entwickelt als „aid to teaching and learning“ (Keogh und Naylor 1999, S. 432) können sie sowohl zur Diagnose von Alltagsvorstellungen und alternativen Vorstellungen eingesetzt werden als auch Diskussionsimpulse zur Bewusstmachung der Vorstellungen im Unterricht liefern. Angelehnt an die Arbeiten von Keogh und Naylor wurden auch für den deutschsprachigen Unterricht Konzept Cartoons entwickelt (Barke et al. 2009; Steininger und Lembens 2011).

[11] Keogh und Naylor haben den Begriff Concept Cartoon® schützen lassen. In dieser Arbeit wird der Begriff Concept Cartoon® daher nur für Arbeiten dieser Autoren verwendet. Konzeptionell ähnliche Cartoons anderer Autoren werden – unabhängig von der Bezeichnung der Autoren, die ihre Arbeiten z. T. auch Concept Cartoon nennen – als Konzept Cartoons bezeichnet.

Seit einigen Jahren existieren im deutschsprachigen Raum entwickelte konkrete Unterrichtsansätze, die Lehrkräften helfen sollen, auf die individuellen Vorstellungen ihrer Schüler einzugehen. Die Unterrichtskonzeption „choice2learn“ (Egbers 2017; Marohn 2008a; Marohn 2009; Marohn und Egbers 2011) und „Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren“ (Petermann et al. 2008; Petermann et al. 2009a) werden kurz vorgestellt.

„Choice2learn“

Die Konzeption „choice2learn“ wurde mit dem Ziel entwickelt, Vorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erkennen und zu verändern. Die Grundlage für die Konzeption bildeten Multiple Choice-Aufgaben, die im Vorfeld im Rahmen umfangreicher empirischer Studien (Egbers 2017; Marohn und Schmidt 2003; Marohn und Schmidt 2004; Schmidt et al. 2007) entwickelt worden waren. Neben einer Vielzahl diagnostizierter Vorstellungen bezüglich des Fachgebietes der Elektrochemie und zu Aggregatzustandsänderungen wiesen diese Studien nach, dass einige Vorstellungen und Begründungen fachlich falscher Vorstellungen überregional auftraten. Dass Vorstellungen in einer Vielzahl von Lerngruppen auftreten, die von unterschiedlichen Lehrern unterrichtet werden, zeigt, dass die Ausbildung dieser Vorstellungen nicht auf die Leistung der individuellen Lehrperson zurückgeführt werden kann, sondern dass die Schüler darüber hinaus ähnliche Erfahrungen machen, die sie zu ähnlichen Konstrukten bezüglich dieser Vorstellungen anregen. Die durch diese Studien erhobenen Vorstellungen flossen direkt in die Konzeption der Auswahlantworten, was erklärt, dass in jeder Aufgabe mehrere, wenn nicht alle, Auswahlantworten von Schülern als plausibel und sinnvoll wahrgenommen werden. Dies erschwert vielen Schülern, sich auf Anhieb für eine Antwortmöglichkeit zu entscheiden und regt so eine intensive Auseinandersetzung mit dem Fachinhalt an. Von der Lehrperson können die Aufgaben als zeitsparendes Diagnoseinstrument genutzt werden, um einen Überblick über die in ihrer Klasse auftretenden Vorstellungen zu erhalten (Marohn 2009).

Die ursprünglich primär als Diagnoseaufgaben entwickelten Multiple Choice-Aufgaben werden im Kontext von „choice2learn“ funktionell in Lernaufgaben umgewandelt, die die Schüler dabei unterstützen, sich ihrer Vorstellungen bewusst zu werden und diese gegebenenfalls zu verändern. Diese Entwicklung ist vergleichbar mit der Entwicklung der Concept Cartoons®. Die Konzeption „choice2learn“ betrachtet Lernen im Sinne der konstruktivistischen Lehr-Lern-Theorie als individuelle Konstruktion. Theoretisch stützt sich das Konzept auf die von Posner und

Strike veröffentlichen Voraussetzungen für die Veränderung von Vorstellungen (vgl. 3.4.1.2.2.1 Conceptual Change-Theorie nach Posner und Strike). Über die ersten Arbeiten von Posner und Strike hinaus, die einen „kalten“ Konzeptwechsel beschrieben, werden aber auch sozialkonstruktivistische Ansätze und Theorien über die Situiertheit von Lernen berücksichtigt. Die Diagnoseaufgaben werden in lebensnahe Kontexte eingebunden und in Gruppen von vier Schülern kooperativ bearbeitet. Lehrende stehen in diesem Konzept bewusst als Berater und Lernbegleiter zur Verfügung (Marohn 2009).

„Choice2learn“ wurde so konzipiert, dass die Bearbeitung eines Themas innerhalb einer Doppelstunde (90 Minuten) abgeschossen werden kann. Für den Einsatz des Konzepts müssen Lehrende ihren vertrauten Unterrichtsverlauf nicht prinzipiell verändern, sondern sie können die erprobten Materialien sehr flexibel einsetzen, wenn es ihre sonstige Unterrichtsplanung erlaubt. Der Verlauf einer „choice2learn“-Doppelstunde gliedert sich in fünf Phasen. Die Phase der *Kontextualisierung* erfolgt im Unterrichtsgespräch. Der alltagsnahe Kontext der Multiple Choice-Aufgabe wird vorgestellt und die Schüler erhalten die den Lernprozess anregende Aufgabe, die sie anschließend in der Phase der *Positionierung* in Einzelarbeit beantworten und begründen. In dieser Phase sollen sich die Schüler ihrer Vorstellung bewusst werden. Anhand der von den Schülern gewählten Auswahlantworten auf die Multiple Choice-Aufgabe werden Kleingruppen zusammengestellt, in denen Schüler mit unterschiedlichen Vorstellungen zusammenarbeiten.

Während der ersten Phase der Kleingruppenarbeit, der *Polarisierung*, legt jeder Schüler dar, für welche der Aufgabenantworten er sich entschieden hat, und begründet seine Wahl. Am Ende der Positionierung kennen alle Schüler nicht nur ihre eigene Vorstellung, sondern auch andere Vorstellungen innerhalb ihrer Arbeitsgruppe. In der sich anschließenden *Argumentations- und Diskussions*-Phase diskutieren die Schüler über die vorgestellten Antworten. Die Schüler tragen Argumente vor, um ihre Mitschüler von ihrer Auswahlantwort zu überzeugen. Ein tabellarischer Begleitbogen wird als Strukturierungshilfe für das Gespräch ausgegeben. Einige Schülergruppen kommen bereits in dieser Phase zu einer gemeinsamen Auswahlantwort, die sie begründet als richtig identifizieren. Diese Gruppen treten genauso wie Gruppen, in denen keine Einigkeit bezüglich der richtigen Antwort erzeugt wird, in die *Lernimpulsphase* ein. Die während dieser Phase vom Lehrer bereitgestellten erläuternden und vertiefenden Materialien (z. B. kurze Informationstexte oder einfache Handexperimente) unterstützen einzelne Auswahlantworten oder widerlegen diese. Während der Bearbeitung der Materialien erlangte Erkenntnisse werden ebenfalls im

tabellarischen Begleitbogen dokumentiert. Zum Abschluss dieser Phase sind die Schüler dazu aufgefordert, sich begründet auf eine der Auswahlantworten zu einigen. Das Ergebnis und den Prozess dieser Einigung stellen die Gruppen anschließend im Plenum während der Phase der *Reflexion und Klärung* vor. Dass nicht nur die Auswahlantwort, sondern auch die einzelnen Positionen und der Prozess der Einigung vorgestellt werden, soll die Schüler dazu animieren, jede Vorstellung, auch wissenschaftlich nicht als fachlich richtig betrachtete, als wertvoll wahrzunehmen und sie als Chance zu begreifen, sich die fachlich richtige Vorstellung zu erarbeiten. Das Unterrichtsgespräch bietet darüber hinaus Gelegenheit, Fragen, die während der Kleingruppenarbeit offengeblieben waren, zu klären. Den Abschluss von „choice2learn" bildet die Phase der *Anwendung*. Die Schüler erarbeiten sich denselben Fachinhalt anhand eines anderen Beispiels in Partnerarbeit. Die Einbettung des Fachinhalts in einen anderen Kontext hilft, trägem Wissen vorzubeugen. Zusätzlich werden die Schüler dazu angehalten, ihr Ergebnis mit ihrer Wahl der Auswahlantwort zu vergleichen. Auf diese Weise sollen sich die Schüler noch einmal ihre ursprüngliche Vorstellung und mögliche Änderungen bis hin zu der aktuellen Vorstellung bewusst machen (Egbers 2017; Marohn 2008a; Marohn 2009).
Das Konzept „choice2learn" wurde bisher für verschiedene „elementare", also bedeutsame und sehr stabile, Schülervorstellungen (Marohn 2008a), z. B. Vorstellungen zum Lösen und Sieden (Marohn und Egbers 2011) oder auch Vorstellungen zur Elektrochemie (Marohn 2009), ausgearbeitet und wissenschaftlich evaluiert. Die Materialien stehen Lehrenden kostenlos zur Verfügung.

„Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren"

Mit dem „an Schülervorstellungen orientierten Unterrichtsverfahren" wurde von Petermann, Friedrich und Oetgen ein Unterrichtsverfahren entwickelt, „in dem Schülervorstellungen eine besondere Berücksichtigung erfahren und gezielt thematisiert werden" (Petermann et al. 2008, S. 110). Während eines auf diese Weise durchgeführten Unterrichts sollen Schülervorstellungen auf einem diskontinuierlichen Lernweg in Richtung der Ausbildung naturwissenschaftlich akzeptierter Vorstellungen verändert werden. Unterricht, der nach diesem Verfahren strukturiert wird, setzt sich aus sechs Phasen zusammen, die hintereinander durchlaufen werden. Bereits im Vorfeld des eigentlichen Unterrichts liegt die *Phase der Unterrichtsvorbereitung*. In dieser Phase informiert sich die Lehrperson über empirisch gefundene Schülervorstellungen zu der Thematik und versucht, durch gezielt entworfene Unterrichtsmaterialien einen Überblick über die konkreten Vorstellungen ihrer Schüler zu

erhalten. Die *Phase der Hypothesenbildung und Problemgewinnung* ist die erste Phase des Unterrichts. Die Schüler werden durch Konfrontation mit einem Versuch oder einem Phänomen auf die Problemstellung der Unterrichtseinheit aufmerksam gemacht. Vorstellungen der Schüler zum Unterrichtsgegenstand werden erfragt und von den Schülern geäußert. Empirisch gefundene Schülervorstellungen können die individuellen Vorstellungen während der Problemgewinnung oder der Hypothesenbildung ergänzen. Anschließend folgt die *fachliche Klärung des Unterrichtsgegenstandes.* Schülern, deren Vorstellungen nicht mit der wissenschaftlich gültigen Vorstellung übereinstimmten, soll in dieser Phase die Diskrepanz zwischen ihrer Vorstellung und der wissenschaftlichen Erklärung bewusst werden, und sie sollen die „Erklärungsmächtigkeit der naturwissenschaftlichen Vorstellung" (Petermann et al. 2009a, S. 5) erkennen.

Die entstandene Unzufriedenheit mit dem eigenen Erklärungsmuster bzw. mit alternativen Erklärungsmustern wird in der *Erarbeitungsphase und Phase der Festigung und Wissenssicherung* aufgegriffen. In dieser Phase findet eine inhaltliche Auseinandersetzung mit empirisch gefundenen fachlich falschen Schülervorstellungen statt, die z. B. durch den Einsatz von Experimenten und Modellen möglichst überzeugend widerlegt werden. Hier findet eine direkte Verknüpfung fachdidaktischer empirischer Forschungsergebnisse mit schulischer Unterrichtspraxis statt. Die *Anwendung* der naturwissenschaftlich akzeptierenden Vorstellungen und der *Transfer* in andere Kontexte sind obligatorischer Bestandteil des Verfahrens und sollen die Schüler dabei unterstützen, Zufriedenheit (im Sinne der Conceptual Growth-Theorie von Posner und Strike) mit ihren neuen Vorstellungen zu erreichen und sie in ihre Gedankenmuster aufzunehmen. Optional kann eine – für die Schüler sehr anspruchsvolle – *Phase der Metakognition* angeschlossen werden, in der die Schüler ihren Lernprozess reflektieren und sich idealerweise bewusst machen, wie sich ihre Vorstellungen bezüglich des Unterrichtsgegenstandes verändert haben. Bei Bedarf kann die Lehrperson auch Rückmeldungen bezüglich der eingesetzten Unterrichtsmaterialien und -abläufe einfordern (Petermann et al. 2008; Petermann et al. 2009a). Beispiele für die Umsetzung des „an Schülervorstellungen orientierten Unterrichtsverfahrens" wurden für mehrere Themengebiete veröffentlicht, z. B. Massenerhalt bei chemischen Reaktionen (Petermann et al. 2008), der diskontinuierliche Aufbau der Materie (Petermann et al. 2009a; Petermann et al. 2009b) oder Säure-Base-Reaktionen (Petermann et al. 2011).

3.4.3 Forschendes Lernen

Wie in Abschnitt 3.4.1 beschrieben ist Lernen ein höchst individueller Prozess, der durch äußere Einflüsse zwar beeinflusst, aber nicht gesteuert werden kann. Die methodischen Möglichkeiten, Lernprozesse zu beeinflussen, sind vielfältig und Überzeugungen, welche Methode die richtige sei, waren in der Vergangenheit häufigen Änderungen unterworfen. Das hochschuldidaktische Konzept des Forschenden Lernens wurde über einen verhältnismäßig langen Zeitraum, mindestens seit der Gründung der Berliner Universität (1809), als Lehr-Lern-Methode an deutschen Universitäten angewendet und erprobt. In den letzten Jahren hat es im Bereich der Lehrerausbildung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Nach einem kurzen historischen Rückblick auf die Bedeutung des Forschenden Lernens in den Gründungsjahren der modernen deutschen Universität (Abschnitt 3.4.3.1) werden die Bedeutung Forschenden Lernens in der Lehrerausbildung (Abschnitt 3.4.3.2) und Bedingungen für Forschendes Lernen in der Hochschule (Abschnitt 3.4.3.3) vorgestellt. Die Inhalte dieser drei Abschnitte wurden zu großen Teilen von der Verfasserin dieser Arbeit bereits an anderer Stelle (Marohn und Rohrbach 2013) veröffentlicht. Die abschlie–ßenden zwei Abschnitte stellen zum einen den Learningcycle im Format des Forschungs–prozesses nach Wildt dar, der eine Strukturierung für Forschendes Lernen an der Universität anbietet (Abschnitt 3.4.3.4), zum anderen wird beschrieben, wie sich der Mehrwert Forschenden Lernens durch eine Verknüpfung des Konzepts mit dem Einsatz in einem Schülerlabor vermehren lässt (Abschnitt 3.4.3.5). Durch eine sinnvolle Kombination aus studentischem Forschendem Lernen und einem Schülerlabor kann ein Lehr-Lern-Labor entstehen, von dem Schüler und Studierende profitieren.

3.4.3.1 Einheit von Forschung und Lehre – heute noch aktuell?

Der Begriff „Forschendes Lernen“ vereint die beiden Hauptaufgabenbereiche der deutschen Universität – Forschung und Lehren/Lernen – in einem hochschuldidaktischen Konzept, dessen Intention, die „Einheit von Forschung und Lehre“, zwar nicht wörtlich, so doch zumindest inhaltlich auf Wilhelm von Humboldt zurückgeht. Seine Programmschrift zur Gründung der Berliner Universität (1809) bildet bis heute die Quelle des universitären Selbstverständnisses. Im Königsberger Schulplan legte von Humboldt dar, wie er sich die Rollen- und Aufgabenverteilung zwischen Lehrenden und Lernenden an einer Universität vorstellte. Er schrieb: „...der „Universitätslehrer [sei] nicht mehr Lehrer und der Studirende [sic] nicht mehr Lernender, sondern dieser forscht selbst und der Professor leitet seine Forschung und unterstützt

ihn darin“ (von Humboldt 1809, S. 170). Nach von Humboldt forscht der Studierende eigenständig, während der Lehrende ihm dabei unterstützend zur Seite steht.

Auch wenn sich viele deutsche Universitäten das Ideal der Einheit von Forschung und Lehre als Teil ihres Leitbildes und als Qualitätsgarantie (Herrmann 2005) auf die Fahnen schreiben, sieht die universitäre Realität oft anders aus. Die Rolle des Forschenden wird meist ausschließlich von den Lehrenden ausgefüllt. Ein Transfer der neu gewonnenen Erkenntnisse erfolgt häufig durch Vorlesungen oder Vorträge in Seminaren. In Studiengängen, nach deren Abschluss sich ein Teil der Studierenden voraussichtlich der Forschung widmen wird, z. B. als Chemiker in einer Forschungsabteilung der chemischen oder Pharma-Industrie, sind kleinere Forschungsprojekte verpflichtend in die Ausbildung integriert. Für Studierende der „pragmatischen“ Wissenschaften (Herrmann 2005, S. 2), zu denen auch die Pädagogik zählt, deren Berufsbild nur in den seltensten Fällen direkte Forschungsaktivitäten beinhaltet, sind meist lediglich die Anfertigung der Bachelor- und Masterarbeit verpflichtende forschende Anteile des Studiums. Insgesamt stellt der Anteil forschenden Lernens innerhalb der universitären Ausbildung nur einen kleinen Anteil des gesamten Studiums dar.

Besonders eindrücklich manifestiert sich die systematische und institutionalisierte Trennung von Forschung und Lehre nicht nur in der Verteilung von Forschungsanteilen zwischen den Lehrenden und Lernenden, sondern auch innerhalb der Gruppe der Lehrenden durch die Einführung von Lehr- und Forschungsprofessuren (Wissenschaftsrat 2007). Die Tendenz der konsequenten und systematischen Trennung von Forschung und Lehre ist keinesfalls auf den deutschsprachigen Raum begrenzt, sondern wird auch für Großbritannien und die USA beschrieben (Badley 2002). Warum halten viele Universitäten trotz der großen Diskrepanz zwischen Ideal und Realität an dem Ideal der Einheit von Forschung und Lehre fest? Handelt es sich um eine Lehr-Lernform, die vor ca. 200 Jahren als modern, möglicherweise auch als gewinnbringend angesehen wurde, die aber im 21. Jahrhundert zu Zeiten des Bologna-Prozesses und stetig wachsender Studierendenzahlen nicht mehr zeitgemäß ist?

Um sich der Beantwortung dieser Frage zu nähern, lohnt es sich noch einmal, auf die Anfänge der modernen Universität zu blicken. Diese sollte sich von den alteuropäischen Universitäten insofern abgrenzen, als dass sie sich auf eine veränderte Definition von Wissenschaft stützte. Die universitäre Ausbildung sollte nicht mehr durch lehrerzentrierte Vermittlung eines festgeschriebenen Wissenskanons (Herrmann 2005) geprägt sein, sondern ihre Angehörigen sollten „die Wissenschaft als etwas

noch nicht ganz Gefundenes und nie ganz Aufzufindendes [...] betrachten“ (von Humboldt 1810, S. 253). Humboldts Verständnis universitärer Ausbildung durch eigene Forschungsaktivitäten der Studierenden ist auf das veränderte Verständnis von Wissenschaft zurückzuführen. In ausschließlich rezeptiver Lehre, deren Ziel in der additiven Wissensanhäufung besteht, sah er sogar eine existentielle Bedrohung für die Wissenschaft und alles damit Verbundene.

> „Sobald man aufhört, eigentlich Wissenschaft zu suchen, oder sich einbildet, sie brauche nicht aus der Tiefe des Geistes heraus geschaffen, sondern könne durch Sammeln extensiv aneinandergereiht werden, so ist alles unwiederbringlich und auf ewig verloren; [...].“ (von Humboldt 1810, S. 253)

Die Grundideen der „modernen“ deutschen Universität, ihre Sicht auf Wissenschaft und die Erzeugung von Wissen haben nichts an Aktualität eingebüßt. In Zeiten der Wissensgesellschaft, neuer Medien und weltweit vernetzter Kommunikationswege haben Universitäten und andere Bildungseinrichtungen ihr über Jahrhunderte gültiges und gefestigtes Alleinstellungsmerkmal, die Generierung und Verbreitung von Wissen, eingebüßt. Um ihre Existenz auch weiterhin zu legitimieren, müssen Universitäten ihre Ausbildung an die Anforderungen einer sich immer schneller verändernden Welt anpassen. Sie müssen Studierende dazu befähigen, sich in einer komplexer werdenden Welt, in der alles im Wandel, bestreitbar, unsicher und unvorhersehbar ist (Barnett 2000), zurechtzufinden, Entscheidungen zu treffen und zu handeln. Die Aufgabe der Universität besteht nicht primär darin Wissen zu vermitteln, sondern darin, die Studierenden zur Generierung neuen Wissens und neuer Handlungsoptionen aus sich immer neu ergebenden Situationen und Wissensbeständen zu befähigen. Auf diese Herausforderung werden Studierende am besten vorbereitet, indem sie selbst immer wieder neuen, anspruchsvollen Situationen gegenüberstehen, diese analysieren lernen und aus der Analyse Schlussfolgerungen ziehen.

In Deutschland wird das hochschuldidaktische Konzept des Forschenden Lernens bereits seit mehreren Jahrzehnten als Ergänzung zu den vielfach vorherrschenden Formen der lehrerzentrierten Wissensvermittlung und des rezeptiven Wissenserwerbs (Fichten 2010) für die universitäre Ausbildung diskutiert. Den grundlegenden Anstoß lieferte 1970 die Bundesassistentenkonferenz, die im Forschenden Lernen eine Chance sah, Studierende auf die sich ändernden Anforderungen in Wissenschaft und Arbeitswelt vorzubereiten (Bundesassistentenkonferenz 1970).

3.4.3.2 Forschendes Lernen in der Lehrerausbildung

Lehrer sind in besonderem Maße Zeugen und Teilnehmer des stetig stattfindenden Wandels. Auf der einen Seite müssen sie sich selbst als Individuen in dieser Welt

verorten und deren Anforderungen gerecht werden. Auf der anderen Seite wirken sie auch als Mittler zwischen der in höchstem Maße komplexen Welt und ihren Schülern. Die Arbeitsbedingungen von Lehrern sind geprägt durch die kulturelle, soziale und ökonomische Heterogenität der Schüler (Niemi 2008). Außerdem bringt jede Unterrichtssituation, trotz intensiver und gewissenhafter Vorbereitung der Lehrperson, durch die Interaktionen mit Lernenden Ungewissheiten und unvorhersehbare Situationen mit sich. Lehrende müssen lernen, diese Unsicherheiten auszuhalten, die auftretenden Situationen zu analysieren und Konsequenzen daraus zu ziehen. Lehrende, die den Anspruch haben, jedem Schüler individuell gerecht zu werden, können sich nicht auf vorgefertigte Handlungsweisen beschränken. Sie müssen ihre Arbeit auf die Individuen ihrer Klasse ausrichten.

Die Überlegungen und Schlussfolgerungen der Bundesassistentenkonferenz waren fachunabhängig und sollten für jede Form der wissenschaftlichen Ausbildung gewinnbringend eingesetzt werden können. Auf die Lehrerausbildung hatte die Forderung der Bundesassistentenkonferenz zunächst keinen nennenswerten Einfluss. Erst die, vor allem durch die schlechten Ergebnisse deutscher Schüler in den PISA-Studien ausgelöste Debatte um die Qualität der Lehrerausbildung brachte das Lehr-Lern-Konzept Forschendes Lernen auf die Tagesordnungen der Hochschuldidaktiker. Ansätze, die Defizite in der Lehrerausbildung zu beheben, wurden in stärkerer Praxisorientierung und einem Perspektivwechsel weg von der Inputorientierung der alten Ausbildungsgänge hin zur Outputorientierung gesehen. Die Folge dieser Outputorientierung, eine verstärkte Kompetenzorientierung der neuen Lehramtsstudiengänge (vgl. LABG 2009a; LZV2009b; Kultusministerkonferenz 2008), zielt u. a. auf eine verstärkte Professionalisierung der Lehrer.

Forschendes Lernen ermöglicht Studierenden des Lehramts den Erwerb von Schlüsselkompetenzen, die sie weit über die konkreten Problemstellungen des Studiums hinaus zu professionellem Handeln befähigen. Zu dem breiten Spektrum an Kompetenzen, die durch Forschendes Lernen erworben werden können, zählen neben fachlich inhaltlicher Handlungskompetenz, Sozialkompetenz, Methodenkompetenz, Selbstkompetenz (Didion und Wiemer 2009) auch die Fähigkeit zur Reflexion über das eigene Handeln, die angewandten Theorien und Methoden sowie die Umwelt, in die das Handeln eingebettet ist (Schneider 2009). Die meisten der im Forschenden Lernen erworbenen Kompetenzen sind für professionelles Lehrerhandeln essentiell.

Forschendes Lernen bietet auch einen Ansatz zur Lösung des Problems der gegenseitigen Anbindung von wissenschaftlichen Theorien und pädagogischer Praxis in der Lehrerbildung. Aufgrund verschiedener Bezugsgrößen und Wissensformen sind

direkte Anschlüsse unmöglich. Durch die Einführung forschungsorientierter Lehr-Lern-Arrangements wird den Studierenden ein Perspektivwechsel nahegelegt, der ihnen ermöglicht, „Praxis nicht nur aus der Perspektive des Handelns und Könnens, sondern auch aus einer methodisch abzusichernden Erkenntnishaltung zu begegnen“ (Schneider und Wildt 2009, S. 8). Die Entwicklung „Praktischer Theorien“ (Nias und Groundwater-Smith 1988, S. 2), die das Lehrerhandeln anleiten, gleichzeitig aber immer wieder reflektiert werden, kann die Professionalisierung des Lehrerhandelns voranbringen.

3.4.3.3 Bedingungen Forschenden Lernens in der Hochschule

Der Begriff des Forschenden Lernens summiert viele verschiedene Lehr-Lern-Arrangements, die sich u. a. in der Sozialform, der Stellung des Forschungsprozesses im Studienverlauf oder dem Grad der Eigenverantwortung und Einwirkungsmöglichkeiten der Studierenden unterscheiden.

Forschendes Lernen impliziert die Teilnahme von Studierenden an Forschung. Diese kann darin bestehen, dass die Studierenden durch Berichte oder vorgestellte Anschauungsobjekte Einblick in die Forschung ihrer Hochschullehrer erhalten. In Fachrichtungen, in denen sich die Durchführung der Untersuchung sehr kosten- und/oder zeitaufwendig gestaltet, können Studierende auch ausschließlich an der Planung oder der Auswertung beteiligt werden (Huber 1998). Direktere Beteiligung liegt dann vor, wenn Studierenden die Verantwortung für eine Fragestellung übertragen wird, die Teil eines größeren Forschungsprojektes ist. Die idealste, in der Praxis oft aber nur schwer realisierbare, Variante überträgt den Studierenden alle Rechte und Pflichten, aber auch die Risiken des Forschers. Nachdem sie sich ihren eigenen Interessen folgend eine Fragestellung ausgewählt haben, entscheiden sie sich für ein Untersuchungsdesign und erproben dies selbstständig. Den Abschluss bildet dann die reflektierte Auswertung der Ergebnisse. Die Bewertung der aus Forschendem Lernen generierten Ergebnisse erweist sich mangels objektiver Kriterien als schwierig (Nias und Groundwater-Smith 1988).

Die Hochschullehrer stehen während des ganzen Prozesses beratend zur Verfügung (Fichten 2010). Die starke Eigenaktivität der Studierenden und ihr Bewusstsein, selbst die Kontrolle über ihr Lernen und Wissen zu haben, gleicht Statusunterschiede zwischen Lehrenden und Lernenden an. Forschendes Lernen kann von Lernenden und Lehrenden als bedrohlich empfunden werden, da individuelle Stärken aber auch Schwächen freigelegt werden, die in lehrerzentrierten Unterrichtsformen verheimlicht werden können oder gar nicht erkannt werden (Nias und Groundwater-Smith

1988). Qualitativ hochwertige Lernarrangements müssen nach Reiber (2007) problemorientiert, systematisch, sozial kontextuiert, kritisch konstruktiv und mehrdimensional gestaltet werden. Bei Erfüllung der genannten Kriterien wird den Studierenden ein Bild von Wissenschaft als Prozess vermittelt. Das Konzept Forschenden Lernens wird im Lehramtsstudium bisher hauptsächlich und meist erfolgreich im Rahmen der Praxisphasen des erziehungswissenschaftlichen Studiums eingesetzt (Beispiele: Arens et al. 2009; Boelhauve 2009). Bezüglich Forschendem Lernen in der chemiedidaktischen Lehrerausbildung liegen bis jetzt keine Veröffentlichungen vor.

3.4.3.4 Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses

Für den Einsatz des Forschenden Lernens im erziehungswissenschaftlichen Studium entwickelte Wildt den in Abbildung 5 dargestellten Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses (Wildt 2009, S. 6).

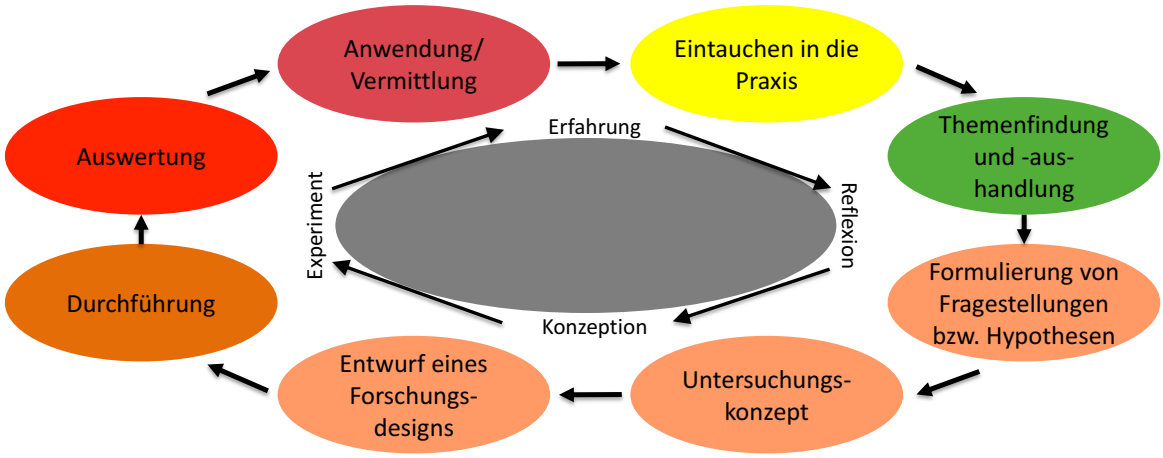


Abbildung 5: Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt

Der Zyklus in Abbildung 5 beschreibt einen typischen Zyklus von Forschungstätigkeiten, wie er in der empirischen Sozial- bzw. Bildungsforschung durchlaufen wird. Wildt konnte anhand einer Gegenüberstellung dieses Forschungszyklus mit dem „Learning Cycle“ nach Kolb (nach Blom 2000 (Innerer Zyklus)), welcher der Denktradition des angelsächsischen Pragmatismus entstammt, zeigen, dass das Durchlaufen des Forschungszyklus für den Lernerfolg von Studierenden gewinnbringend sein kann, wenn eine Anpassung an die Anforderungen des jeweiligen Faches und die Fragestellung vorgenommen wird. Wie von Wildt selbst eingeräumt, stellt der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses einen idealtypischen Verlauf

empirischer sozial- bzw. bildungswissenschaftlicher Forschung dar. Reale Forschungsabläufe folgen nur sehr selten genau der vorgegebenen Reihenfolge der Phasen. Die z. T. mehrfache Wiederholung einzelner Phasen gehört ebenso wie Rückschritte um mehr als eine Phase oder Abkürzungen innerhalb des Zyklus zur Realität von Forschung (Wildt 2009).
Besonders die beiden Phasen „Untersuchungskonzepte“ und „Entwurf eines Forschungsdesigns“, die im vorgestellten Projekt in die Planungsphase eingegangen sind, werden nur selten als strikt voneinander getrennte Phasen gehandhabt[12].

3.4.3.5 Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor

Forschendes Lernen in Form des Learning Cycle kann in die Lehramtsausbildung an Hochschulen in unterschiedliche Praxisphasen integriert werden. Eine Möglichkeit bildet die Integration in schulische Praxisphasen, die in universitären Veranstaltungen vor- und nachbereitet werden. Alternativ kann Forschendes Lernen von Lehramtsstudierenden auch in Schülerlaboren in den Räumlichkeiten der Universität stattfinden. Nach Pawek (2009) eignen sich Schülerlabore besonders für die Integration in die Lehramtsausbildung, da die Studierenden dort „anders als im Referendariat oder bei Schulpraktika [...] einmal ins Thema eingearbeitet, wiederholt mit ihrem eigenen Auftreten und den unterschiedlichsten Reaktionen der Schüler ‘experimentieren’. Die aus den Erfahrungen gezogenen Konsequenzen lassen sich sofort bei der nächsten Veranstaltung umsetzen und auf deren Wirksamkeit testen“ (Pawek 2009, S. 186). Durch die enge Verknüpfung theoretischer Inhalte mit praktischen Erfahrungen und einer Reflexion über das eigene Erleben und Handeln kann ein von Studierenden betreutes Schülerlabor gleichzeitig zu einem Lehr-Lern-Labor werden (Krofta et al. 2013). Ziel der Veranstaltung ist dann nicht mehr nur die Motivationssteigerung und Förderung von Interesse der Schüler, die das Schülerlabor besuchen, sondern zusätzlich die praxisnahe, reflektierte Ausbildung angehender Lehrer (Pawek 2009; Völker und Trefzger 2010).
Im vorgestellten Forschungsprojekt wurde Forschendes Lernen von Studierenden im Kontext Schülervorstellungen theoretisch und praktisch in ein Schülerlabor integriert, wodurch diese Veranstaltung als Lehr-Lern-Labor bezeichnet werden kann.

[12] Wildt leistet in der Veröffentlichung des Learning Cycle keine klaren Definitionen der Phasen oder grenzt diese voneinander ab. Innerhalb des Arbeitskreises für Chemie und ihre Didaktik wurden die Begrifflichkeiten diskutiert. Eine klare Abgrenzung dieser beiden Phasen konnte nicht geleistet werden, da das Untersuchungskonzept und das Forschungsdesign in allen diskutierten Projekten des Arbeitskreises eng miteinander verbunden behandelt wurden.

Die Umsetzung und Integration des Lehr-Lern-Labors in die Gesamtveranstaltung werden im Abschnitt 4.2.2.3 beschrieben.

3.4.4 Subjektive Theorien

Jeder Mensch konstruiert sich seine Welt (vgl. 3.4.1.1 Konstruktivismus als Lehr- und Lerntheorie). Dabei greift er in jeder Situation auf Erfahrungen und Kenntnisse zurück, in die er neue Informationen zu integrieren versucht. In Situationen, die Handeln erfordern, wird er versuchen, bekannte Verhaltens- und Deutungsmuster auf die sich neu ergebende Situation anzupassen, um möglichst angemessen zu reagieren. Aus persönlichen Erfahrungen und gelerntem Fachwissen bilden sich Subjektive Theorien, die eingesetzt werden, um „mehr oder minder differenzierte Konzeptsysteme über seine Umwelt und über sich selbst“ (Dann 1989, S. 247) zu entwickeln. Mit der Zeit entwickelt jeder Mensch „psychologisches Wissen, Sichtweisen und Annahmen darüber [...], wie andere Menschen handeln, was sie wahrnehmen, denken, fühlen und beabsichtigen, warum und mit welchen Folgen sie das tun; und er hat entsprechende Sichtweisen auch über sich selbst“ (Dann 1989, S. 247).
Wie für jeden Menschen gelten diese Annahmen selbstverständlich auch für Lehrkräfte in ihrem Privat- und Berufsleben. Berufsrelevante Subjektive Theorien von Lehrern stellen ein umfangreiches Forschungsfeld der psychologischen Forschung dar, da sie als handlungsleitend für die Berufsausübung pädagogischen Personals identifiziert wurden und einen Teil des professionellen Wissens von Lehrkräften ausmachen (Dann 1994).

3.4.4.1 Definitionen Subjektiver Theorien

Subjektive Theorien sind individuelle Kognitionen. Sie umfassen Wissensbestände, aber auch Annahmen, die Individuen dabei helfen, sich in ihrem Leben zu orientieren. In der deutschen Forschungslandschaft zu Subjektiven Theorien existieren zwei, zum großen Teil überlappende, aber nicht identische Definitionen, die zunächst vorgestellt werden.

Erste Definition: Im Rahmen des „Forschungsprogramms Subjektive Theorien“ (Groeben et al. 1988; Groeben und Scheele 2010), wurden zwei Varianten Subjektiver Theorien mit unterschiedlichen Reichweiten definiert: Die weitere Definition beschreibt Subjektive Theorien als „Kognitionen mit Selbst- und Weltsicht“ und „als komplexes Aggregat mit (zumindest impliziter) Argumentationsstruktur, das auch

die zu objektiven (wissenschaftlichen) Theorien parallelen Funktionen der Erklärung, Prognose und Technologie erfüllt“ (Groeben et al. 1988, S. 19).
Die engere Definition für Subjektive Theorien schränkt die Weite dieser Definition insofern ein, als dass sie nur solche Kognitionen als Subjektive Theorien bezeichnet, die zusätzlich zu den Merkmalen der weiteren Definition im Kontext eines Dialogkonsens[13] aktualisiert wurden, rekonstruierbar sind und „deren Akzeptierbarkeit als objektive Erkenntnis zu prüfen ist“ (Groeben et al. 1988, S. 22). Fussangel legt dar, dass diese vorerst methodische Einschränkung der Rekonstruktion Subjektiver Theorien auch Konsequenzen für die inhaltliche Aussagekraft der Untersuchung haben kann. Andere bzw. zusätzliche Explikationsverfahren als der Dialogkonsens können dabei helfen, andere Elemente der Subjektiven Theorien zu rekonstruieren, als es die alleinige Nutzung des Dialogkonsenses vermag (Fussangel 2008).

Zweite Definition: Dann (1989; 1994) leitete aus einer Literaturrecherche zahlreicher Publikationen zu Lehrerkognitionen fünf Definitionsmerkmale Subjektiver Theorien ab, die zu großen Teilen mit der weiten Definition Subjektiver Theorien aus dem „Forschungsprogramm Subjektive Theorien“ übereinstimmen.

1. Subjektive Theorien sind relativ stabile kognitive Strukturen, die durch Erfahrung verändert werden können.
2. Subjektive Theorien sind teilweise implizit, teilweise aber auch dem Bewusstsein des Individuums zugänglich. Beispiele für implizite Subjektive Theorien sind nicht-bewußtseinsfähige Selbstverständlichkeiten oder unreflektierte Überzeugungen. Für die Bewusstmachung Subjektiver Theorien kann es hilfreich oder nötig sein, Explizierungshilfen anzubieten, die die Person darin unterstützen, ihre Kognitionen zu erkennen und zu artikulieren.
3. Subjektive Theorien besitzen, ähnlich wie wissenschaftliche Theorien, eine zumindest implizite Argumentationsstruktur, die z. B. durch Wenn-Dann-Beziehungen beschrieben werden kann.
4. Es bestehen funktionelle Analogien zwischen wissenschaftlichen und Subjektiven Theorien. Beide erfüllen Funktionen der Situationsdefinition, der nachträglichen Erklärung, der Rechtfertigung eingetretener Ereignisse, der

[13] Als Dialogkonsens, dessen Vorliegen wesentliche Voraussetzung für die Erfüllung der engeren Definition Subjektiver Theorien nach Groeben darstellt, wird eine Kommunikation zwischen dem „reflexiven (sprachmächtigen) Subjekt ‚Mensch’, das für die psychologische Erkenntnis ‚Objekt’“ ist (Groeben et al. 1988, S. 22) und dem Forscher bezeichnet. Der Dialogkonsens gilt dann als hergestellt, wenn das Subjekt mit dem Forscher so in Kommunikation treten kann, dass dieser die Angemessenheit der Rekonstruktion der Subjektiven Theorie nachvollziehen kann.

Vorhersage oder auch Erwartung zukünftiger Ereignisse und der Generierung von Handlungsentwürfen oder Handlungsempfehlungen, um erwünschte Ereignisse herbeizuführen oder unerwünschte zu vermeiden.

5. Subjektive Theorien haben für Individuen handlungsleitende oder handlungssteuernde Funktionen. Zusammen mit anderen Faktoren, z. B. Emotionen, beeinflussen sie das beobachtbare Verhalten des Individuums.

Der Begriff Subjektive Theorien entstammt dem gleichnamigen deutschen Forschungsprogramm (Groeben und Scheele 2010; Groeben et al. 1988). Für den deutschsprachigen Fachbegriff existiert keine, alle Teilbereiche der Definitionen mitbedenkende, englischsprachige Übersetzung. Im anglo-amerikanischen Raum werden handlungsleitende Kognitionen von Lehrkräften häufig unter dem Sammelbegriff der „teacher beliefs" zusammengefasst. „[B]eliefs are thought of as psychologically held understandings, premises, or propositions about the world that are felt to be true" (Richardson 1996, S. 103). „Beliefs" sind psychologische Konzepte, die Sichtweisen und Vorhersagen über die für das Individuum als wahr anerkannte Welt beschreiben. Diese Vorhersagen können unlogisch und in sich widersprüchlich sein. Ihre Ordnung erfolgt nach individuell für wichtig erachteten Kriterien; auch sie erfüllen informierende und handlungsleitende Funktionen. Die bedeutendste Unterscheidung zwischen Subjektiven Theorien und „beliefs" betrifft die Strukturparallelität Subjektiver Theorien mit wissenschaftlichen Theorien, die für „beliefs" weniger explizit postuliert wird (Fussangel 2008, S. 71 f.).
In dieser Arbeit wird der Begriff Subjektive Theorien verwendet, wobei alle ihm zugerechneten Bedeutungen mitgedacht werden. In Zitaten oder wenn explizit auf englischsprachige Arbeiten Bezug genommen wird, die den Begriff „beliefs" verwenden, wird dieser Begriff auch im Deutschen als Beliefs verwendet.

3.4.4.2 Entstehung Subjektiver Theorien

Jeder Mensch konstruiert seine Subjektiven Theorien individuell (Groeben und Scheele 2010; Groeben et al. 1988). Diese Grundannahme des „Forschungsprogrammes Subjektive Theorien" (Groeben et al. 1988) stützt sich u. a. auf Kellys Theorie Persönlicher Konstrukte (Kelly 1955; 1986), einer stark an der subjektiven Konstruktionsleistung des Individuums orientierten Persönlichkeitstheorie. Kelly verstand jeden Menschen als Wissenschaftler („men as scientist"), der den Lauf seines Lebens vorherzusagen und zu kontrollieren versucht. Um sich in seinem Leben zurechtzufinden, entwickelt jedes Individuum Theorien, testet Hypothesen

und versucht deren experimentelle Aussagekraft abzuwägen (Kelly 1986). Aufgrund der hohen Komplexität des realen Lebens[14] sieht sich das Individuum dazu veranlasst, Konstrukte zu entwerfen, mit deren Hilfe es sich seine Umwelt konstruiert, um sich in ihr zurechtzufinden. Seine Umwelt zu konstruieren meint Erfahrenes mit einer Interpretation zu versehen, wobei die Interpretation durch den Menschen erfolgt und nicht durch die Umwelt vorgegeben wird. Unabhängig von der Ausdifferenzierung helfen Konstrukte dem Individuum, sein Verhalten festzulegen. Diese Konstrukte können implizit oder explizit, verbal formuliert oder unartikuliert sowie konsistent zu anderen Verhaltensweisen oder inkonsistent vorliegen. Auch ein an die reale Situation nur schlecht angepasstes Konstrukt kann hilfreicher sein als keins. In der Regel versucht der Mensch, seine Konstrukte so zu verbessern, dass eine bessere Passung zwischen seinem Verhalten und der Umwelt vorliegt. Diese Verbesserung erfolgt entweder durch eine Veränderung der vorliegenden oder durch Erweiterung um neue Konstrukte. Neue und veränderte Konstrukte werden anschließend unter übergeordnete Konstrukte subsumiert (Kelly 1986).

Subjektive Theorien werden als individuelle Konstrukte verstanden, in die neue Theorieelemente integriert werden können oder die – wenn aufgrund äußerer und innerer Bedingungen nötig – auch einer Umstrukturierung unterzogen werden können (Fussangel 2008). Sie entstehen und wandeln sich im Verlauf des Sozialisationsprozesses jedes Individuums, wobei auch kulturelle und gesellschaftliche Begebenheiten Einflüsse auf ihre Konstruktion haben. Den Ursprung Subjektiver Theorien bilden individuelle Erfahrungen. Durch Selbst- und Fremdbeobachtung oder aus der Beschaffenheit unbelebter Natur resultieren Kognitionen, die das Individuum im Falle des Auftretens gleicher oder ähnlicher Situationen heranzieht. Einmal erworbene Subjektive Theorien können sich durch wiederholte, fruchtbare Erfahrungen festigen. Richardson (1996) nennt, unter Verweis auf Literatur, drei Erfahrungskategorien, die die Entstehung und Entwicklung von Beliefs und Wissen (Knowledge) von Lehrenden beeinflussen:

a) Persönliche Erfahrung (Personal Experience)
   Diese umfassen alle Erfahrungen des Individuums, die außerhalb des Kontextes Schule erworben werden.

[14] Kelly nimmt explizit an, dass das Universum inklusive der darin lebenden Menschen real existiert. „Wenn wir unsere Annahme betonen, daß das Leben eine Abbildung oder Konstruktion der Wirklichkeit ist, so soll dies nicht einschließen, daß das Leben nicht real sei“ (Kelly 1986, S. 22) womit er seine Theorie ausdrücklich von solipsistischen Annahmen distanziert.

b) Eigene Erfahrungen im Handlungsfeld Schule als Schüler (Experience with Schooling and Instruction)
   Bezüglich dieser Erfahrungen unterscheiden sich Lehrer von Professionellen anderer Bereiche. Bevor sich ein Student in Deutschland für das Lehramtsstudium entscheidet, hat er ca. zwölf Jahre seines Lebens als Schüler im Handlungsfeld Schule verbracht und dort Erfahrungen gesammelt. Diese eigenen Erfahrungen bilden die Grundlage starker Beliefs, die durch die Ausbildung nur schwer verändert werden können.
c) Erfahrungen mit formalem Wissen
   Dies umfasst das während der Ausbildung erworbene Fachwissen in den beiden Studienfächern sowie in Pädagogik, Psychologie und Soziologie.

Richardsons Darstellung zeigt, dass die Erfahrungen, die Beliefs von Lehrenden beeinflussen, vielfältige Ursachen und Hintergründe haben und verdeutlicht, dass diese nicht erst in der Universität „gemacht" werden, sondern viel früher entstehen. Besonders, weil der Einfluss der aus- und weiterbildenden Institutionen (u. a. Universitäten und Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung) auf die Beliefs von Lehrenden und die daraus abgeleiteten Handlungen begrenzt ist, sollten die ausbildenden Institutionen ihre Lehr- und Lernangebote didaktisch hochwertig und zielführend gestalten, um den ihnen eingeräumten Einfluss auf das professionelle Wissen von Lehrenden möglichst effizient zu nutzen.

3.4.4.3 Subjektive Theorien verändern

In der Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften stellt sich die Frage, wie Subjektive Theorien so verändert werden können, dass die finalen Theorien Lehrende zu professionellem Handeln befähigen. Veränderungen Subjektiver Theorien sind durch äußere Einflüsse nur schwer zu erreichen, da Subjektive Theorien stabile kognitive Strukturen sind (Fussangel 2008; Richardson 1996).
Aus den beschriebenen Annahmen, wie Subjektive Theorien entstehen und sich verändern, lassen sich Hypothesen herleiten, wie Veränderungen dieser Theorien herbeigeführt werden können: Das bereits vorhandene individuelle Konstrukt muss berücksichtigt werden. Jeder Lehrer bringt subjektiv-theoretische Wissensbestände mit, die bewusst oder unbewusst vorliegen können. Der erste Schritt, Subjektive Theorien zu verändern, besteht in ihrer Explizierung (Dann 1994). Lehrer sollten sich ihrer subjektiv-theoretischen Annahmen und den daraus resultierenden Verhaltensweisen bewusst werden, denn nur so können sie ihr Verhalten vor deren

Hintergrund reflektieren und gegebenenfalls begründet verändern. Ansätze zur Veränderung Subjektiver Theorien sollten Lehrer bei ihren individuellen Vorstellungen und Theorien „abholen“, indem sie nicht nur deren kognitive Strukturen beachten, sondern auch ihre Einstellungen hinterfragen (Born et al. 1983). Schon die Explizierung Subjektiver Theorien und die Bewusstmachung der Konsequenzen, die diese für die Unterrichtsgestaltung haben, können zu Veränderungen führen (Fussangel 2008; Richardson 1996).

Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor für die Veränderung Subjektiver Theorien sind neue oder veränderte Kontexte und Erfahrungen, denen Lehrer in ihrer beruflichen Tätigkeit gegenüberstehen. Ohne neue, den ursprünglichen Konstruktionen widersprechende und auf diese Weise einen Bedarf an Umbau oder Neukonstruktion anstoßende, Kontexte bleiben einmal konstruierte Subjektive Theorien unverändert (Fussangel 2008). Eine Möglichkeit, einen Lehrer zur Re-Konstruktion seiner bestehenden kognitiven Strukturen anzuregen, besteht darin, Umgebungen zu schaffen, die den Lehrer mit neuen Kontexten konfrontieren. Erkennt der Lehrer eine Diskrepanz zwischen seiner Subjektiven Theorie und der Anwendung dieser Theorie innerhalb des für ihn neuen Kontextes, besteht die Möglichkeit, dass er seine Vorstellung überdenkt und gegebenenfalls verändert. Anstöße für die Reflexion über die eigenen Vorstellungen können sozial initiiert werden, z. B. durch Austausch mit anderen Lehrkräften, die ihre Subjektiven Theorien und Erfahrungen kommunizieren. Aber auch in wissenschaftlicher Forschung erlangtes pädagogisch-psychologisches Wissen, welches an den Lehrer herangetragen wird, kann diese Anstoßfunktion übernehmen.

Individuen sind besonders bereit, ihre Subjektiven Theorien zu überdenken, wenn sie erfahren, dass ihre neuen Vorstellungen sich in praktisch relevanten Situationen bewähren. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn sich das neue Erklärungs- und Vorhersagekonstrukt besser zur Problembewältigung praktischer Szenarien eignet als das alte. Für die Aus- und Weiterbildung sollten daher realistische Situationen geschaffen werden, in denen Lernende selbst handeln und anhand ihrer praktischen Erfahrungen ihre Subjektiven Theorien überprüfen, verändern und reflektieren können. Wird die veränderte Theorie als angemessener erfahren als die ihr vorausgehende Konstruktion, wird sie in das bestehende Theoriekonstrukt integriert (Dann 1994; Guskey 1986). Die Integration neuer Theorien verläuft nicht immer synchron mit der Löschung der ihr vorangehenden Theorie. Es können parallel verschiedene, sich gegenseitig sogar ausschließende Theorien vorliegen, die kontextabhängig angewandt werden (Hollingsworth 1989).

3.4.4.4 Aus- und Fortbildungsprogramme zur Veränderung Subjektiver Theorien

Unter der Voraussetzung, dass Subjektive Theorien prinzipiell veränderbar sind, stellt sich die Frage, unter welchen Voraussetzungen Individuen bereit sind, ihre Subjektiven Theorien zu verändern. Ergebnisse wissenschaftlicher Studien, die die Möglichkeiten zur Veränderung Subjektiver Theorien im Rahmen von Aus- und Weiterbildungsprogrammen für Lehramtsstudierende und Lehrer erprobten, lassen keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu. Einige Studien dokumentieren signifikante Änderungen der individuellen Theorien, andere konnten keine Änderungen nachweisen. In Weiterbildungsveranstaltungen praktizierender Lehrer konnten häufiger Veränderungen von Beliefs beschrieben werden als in Ausbildungsveranstaltungen, die mit Studierenden durchgeführt wurden. Konstruktivistisch orientierte Lehrerbildungsprogramme ergaben häufiger Ergebnisse, die auf eine Veränderung Subjektiver Theorien hindeuten als Veranstaltungen, die auf Grundlage anderer Lerntheorien entwickelt worden waren (Richardson 1996).

Thomas R. Guskey (1986) hat für den Bereich der Lehrerfort- und Weiterbildung drei Ziele formuliert, die durch jedes Weiterbildungsprogramm erreicht werden sollen. Die Weiterbildung soll zu Änderungen von Verhaltensweisen im Unterricht führen, die sich idealerweise in einer Verbesserung der Lernerfolge der Schüler niederschlagen. Damit der Lehrer diese Änderungen auch dauerhaft in seinen Unterricht integriert, sollte die Weiterbildung zusätzlich zu einer Veränderung der Beliefs beitragen. Traditionell ging man – gestützt auf Arbeiten des Psychologen Kurt Lewin – davon aus, dass eine Veränderung Subjektiver Theorien zu einer Änderung des Verhaltens im Unterricht führte, die sich dann in besseren Lernleistungen der Schüler zeigte. Guskey sah diese Hypothese allerdings durch seine wissenschaftlichen Erkenntnisse widerlegt und entwickelte das folgend dargestellte „Model of the Process of Teacher Change“.

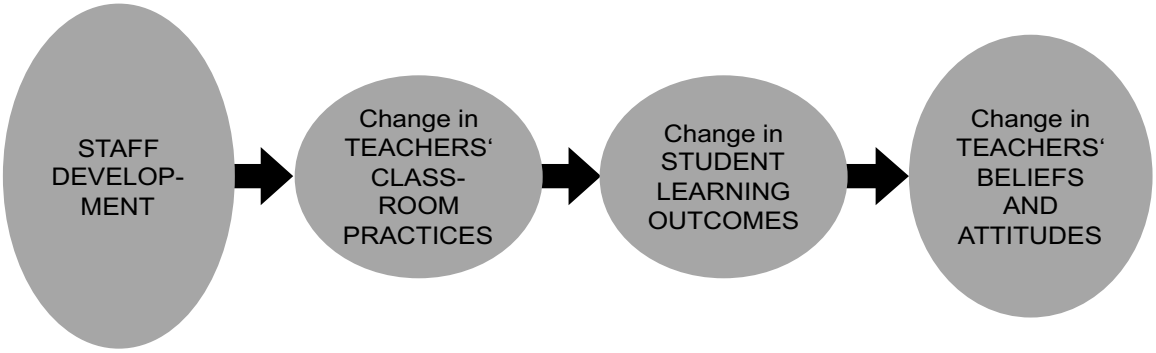


Abbildung 6: “Model of the Process of Teacher Change” nach Guskey

Dieses stark vereinfachte Modell[15], das die Folgen erfolgreicher Lehrerfort- und Weiterbildungen in eine chronologische Reihenfolge bringt, stellt die Verhaltensänderung des Lehrers in seiner praktischen Tätigkeit im Klassenraum an den Beginn des Prozesses. Wenn diese Verhaltensänderung zu einer für den Lehrer wahrnehmbaren Änderung des Lernergebnisses der Schüler führt, wird dies zu einer Änderung seiner Beliefs und Einstellungen führen. Guskeys Modell wird nicht nur von einigen von ihm selbst zitierten Forschungsergebnissen gestützt, sondern es wird auch von Dann´s Forschungen zur Veränderung Subjektiver Theorien untermauert. Dann und Guskey zeigen, dass Veränderungen von Beliefs bei Lehrkräften immer dann besonders erfolgreich verliefen, wenn die Lehrkräfte in der Erprobung neuer Unterrichtsmethoden unterstützt wurden und aus den Folgen ihrer Verhaltensänderung – z. B. in Form der Implementation von Inhalten der Fortbildungen in ihren Unterricht – positive Rückschlüsse auf die Lernerfolge ihrer Schüler ziehen konnten. Die theoretische Auseinandersetzung mit diesen Inhalten während der Weiterbildung führte nicht zu Änderungen Subjektiver Theorien (Dann 1994).

3.4.4.5 Bedeutung Subjektiver Theorien für diese Arbeit

Im Rahmen der vorgelegten Arbeit wird die Definition Danns anhand der o. g. fünf Definitionsmerkmale angewandt. Aufgrund der Parallelen zur weiten Definition Subjektiver Theorien im „Forschungsprogramm Subjektive Theorien“ kann die verwendete Definition auch zu dieser grundlegenden Forschungsarbeit in Beziehung gesetzt werden. Die enge Definition des „Forschungsprogrammes Subjektive Theorien“ kann für diese Forschungsarbeit aufgrund der gewählten Methodik der Datenhebung nicht angenommen werden. Mit Anlehnung an diese Definitionen Subjektiver Theorien folgt die Arbeit der Tradition der überwiegenden Anzahl von Forschungsarbeiten zu Subjektiven Theorien (Dann 1994) und auch den neueren Arbeiten von Fussangel (2008) und Müller (2003).

In dem vorgestellten Forschungsprojekt gilt das Interesse besonders den Subjektiven Theorien der Seminarteilnehmer, mit denen diese sich das Auftreten fachlich falscher Antworten im Unterricht erklären, und den Theorien, die sie zur Veränderung von Schülervorstellungen mit in die Veranstaltung bringen. Zu diesen Subjektiven Theorien zählen z. B. Überlegungen bezüglich Methoden oder Strategien, die die Studierenden anwenden würden, um Vorstellungen von Schülern im Unterricht in Richtung der fachlich akzeptierten Vorstellungen zu beeinflussen. Im

[15] Guskey selbst kommentiert die starke Vereinfachung seines Modells (vgl. S. 6 seiner Veröffentlichung).

Vergleich zu den meisten wissenschaftlich beschriebenen Subjektiven Theorien handelt es sich hierbei um fachlich eng begrenzte Theorien. In die Konzipierung des Seminars wurden Strategien, um Subjektive Theorien durch Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen zu verändern, integriert (Guskey 1986; Dann 1994). Die gesamte Veranstaltung wurde auf der Grundlage konstruktivistischer Annahmen vom Lehren und Lernen entworfen (vgl. 3.4.1.1.4 Konkrete Bedeutung für das Seminar). Die Erkenntnis, dass in der Vergangenheit Weiterbildungsveranstaltungen für Lehrer im Berufsleben ein höheres Potential aufwiesen, Veränderungen anzustoßen als Veranstaltungen in der Ausbildung, zog die Schlussfolgerung nach sich, dass die Ziele der vorgestellten Veranstaltung nicht im Rahmen eines klassischen Seminarkonzepts erreicht werden konnten. Es stellte sich die Herausforderung, praktische Erfahrungen in die Universität zu bringen. Hierzu wurde ein Lehr-Lern-Labor eingerichtet, während dessen die Studierenden mit Unterrichtssituationen und „echten“ Schülern konfrontiert wurden, mit denen sie ihre neu gewonnenen Erfahrungen und Kenntnisse des Seminars erproben konnten.
Die Anfertigung des Portfolios diente u. a. dazu, dass sich die Studierenden durch die schriftliche Ausformulierung ihrer Subjektiven Theorien bewusst wurden. Die Portfolioarbeit unterstützte darüber hinaus auch die Reflexion der neu gelernten Inhalte und regte die Studierenden dazu an, ihre Subjektiven Theorien zu überdenken und gegebenenfalls zu verändern. Mit der vorliegenden Arbeit kann nicht nachgewiesen werden, ob das Seminar zu einer Handlungsänderung der Teilnehmer im Unterricht außerhalb des Seminars führt.

3.4.5 Videografie in der Lehrerbildung

Unterricht ist ein hochkomplexes Geschehen, das durch vielfältige Faktoren u. a. den unterrichtenden Lehrer, alle beteiligten Schüler, die eingesetzten Materialien und Medien sowie äußere Faktoren beeinflusst wird. Videografie von Unterricht ermöglicht, dieses hochkomplexe Geschehen zu dokumentieren und ein „objektiviertes Gedächtnis“ (Krammer und Reusser 2005, S. 36) herzustellen. Die Möglichkeit, eine auf Film aufgenommene Unterrichtssequenz im Nachhinein erneut als Video anzuschauen und beliebig oft zu wiederholen oder auch Transkripte der stattgefundenen Dialoge anzufertigen und auszuwerten ermöglicht den Lernenden nicht nur, ihre personale Wahrnehmung zu erweitern, sondern machen Videos auch „als Basis für die diskursive Bearbeitung nutzbar“ (Dorlöchter et al. 2004, S. 4).

Der folgende Überblick über Ziele und Anwendungstypen (Abschnitt 3.4.5.1) sowie Bedingungen und Grenzen des Einsatzes von Videografie (Abschnitt 3.4.5.2 und Abschnitt 3.4.5.3) fokussiert auf für diese Arbeit wesentliche Aspekte von Videografie in der Lehrerausbildung. In Abschnitt 3.4.5.4 wird der Bezug zwischen dem dargestellten Hintergrund zur Videografie und der vorliegenden Arbeit konkretisiert.

3.4.5.1 Ziele und Anwendungstypen von Videografie

In Aus- und Weiterbildungssituationen eingesetzte Videos unterscheiden sich teilweise wesentlich bezüglich ihrer Inhalte und den an sie gerichteten Lernzielen (Reusser 2005). Selbst unter der Voraussetzung, dass alle Videos Ausschnitte von Unterricht zeigen, können diese sich beispielsweise in der Authentizität der Aufnahme, der Länge des dargestellten Unterrichts, der Anzahl der beteiligten Lehrkräfte sowie der kontextuellen Einbettung und der thematischen Ausrichtung unterscheiden. Diese verschiedenen Bedingungen können dann wiederum in Form eines Videos vorliegen, das den oder die Beteiligten selbst zeigt oder als Fremdvideo die Arbeit eines anderen Kollegen darstellen. Wichtig für den sinnvollen und gewinnbringenden Einsatz von Videografie in der Lehrerausbildung erscheint, dass Videografie nicht zum Selbstzweck eingesetzt wird, sondern immer einem übergeordneten, die Ausbildung des Individuums vorantreibenden Zweck dient (Dorlöchter et al. 2013). Funktion und Absicht des Einsatzes sollten allen Beteiligten möglichst zu jedem Zeitpunkt bewusst sein. Seit Beginn des Einsatzes von Videografie wurden Unterrichtsvideos in sehr unterschiedlichen Lernumgebungen mit z. T. stark differenzierenden Lernzielen eingesetzt (Sherin 2003).

Reusser unterscheidet drei Anwendungstypen von Videografie, die sich sowohl in Präsenzveranstaltungen als auch in Online-Lernumgebungen etabliert haben: Das illustrative videobasierte Lernen am Modell, die problemorientierte und fallbasierte Analyse komplexer Beispiele sowie die videogestützte Unterrichtsreflexion und das Videofeedback (Petko und Reusser 2005; Reusser 2005).

Das **videobasierte Lernen an Modellen** eignet sich besonders, wenn bestimmte Routinen oder professionelle Handlungsweisen erlernt werden sollen. Auf dem Videomaterial sollten dabei die angestrebten Kompetenzen und Handlungen in möglichst eindeutiger und prototypischer Weise sichtbar sein. Ereignisse, die von der fokussierten Handlung ablenken, werden so weit wie möglich vermieden oder bewusst ausgeblendet. Es bleibt zu beachten, dass Lehrerhandeln im Unterricht immer in komplexen Kontexten stattfindet, so dass ein einfaches „Lehrlingslernen“ in Form möglichst identischer Nachahmung keine optimale Vorbereitung auf

eigenes Unterrichten darstellt. Wenn möglich sollten die Filmaufnahmen um Informationen über den Kontext ihrer Entstehung ergänzt werden und die Auswertung sollte vor dem Hintergrund dieses Kontextes erfolgen.

Die **problemorientierte Analyse** komplexer Fallbeispiele wird eingesetzt, wenn Studierende, Referendare und Lehrende für Problemstellungen innerhalb komplexer alltäglicher Unterrichtssituationen sensibilisiert werden sollen. Durch eine Betrachtung von Fallbeispielen aus unterschiedlichen Perspektiven wird die theoretisierende, explorierend-forschende Auseinandersetzung mit möglichen Herangehens- und Lösungsstrategien angeregt. Der Einsatz komplexer Fallbeispiele kommt meist dann zum Einsatz, „wenn die angestrebten Handlungskompetenzen keinem einfachen und leicht zu vermittelnden Schema folgen, sondern problemlösende und kreative Fähigkeiten gefragt sind“ (Petko und Reusser 2005, S. 6).

Videogestützte Unterrichtsreflexion und Feedback bezieht sich meist auf Eigenvideos, in denen die Teilnehmer ihre eigene Arbeit im Klassenraum aufgezeichnet haben und eine Reflexion über ihre eigene Arbeit anstreben. Die Lernenden sollen ihr Handeln im unterrichtlichen Kontext im Spiegel der Filmaufnahme aus einer neuen, außerhalb der eigenen Wahrnehmung liegenden Perspektive betrachten und bewusst wahrnehmen. Eingeschliffene Gewohnheiten sollen auf diese Weise erkannt sowie Handlungen und Subjektive Theorien bezüglich des Lehrens und Lernens kritisch reflektiert werden. Am Ende eines solchen Reflexionsprozesses sollte eine bewusste Entscheidung bezüglich einer Änderung oder auch Beibehaltung der reflektierten Verhaltensweisen und gegebenenfalls die Entwicklung neuer Handlungsmöglichkeiten stehen. Die individuelle Unterrichtsreflexion kann durch kollegiales Feedback und Diskussionen um alternative Handlungsmöglichkeiten gewinnbringend ergänzt werden.

Der von Petko und Reusser (2005) beschriebene Handlungstyp der videogestützten Unterrichtsreflexion kann z. B. in Lernszenarien eingesetzt werden, die sich an Forschendem Lernen orientieren. Videos können Lehrer unterstützen, ihre individuellen Wahrnehmungen zu erweitern (Dorlöchter et al. 2004), sie anregen, sich vermehrt ihrer Subjektiven Theorien bewusst zu werden und bewusster über ihre Praxis zu reflektieren, wobei die Bewusstmachung Subjektiver Theorien den ersten Schritt in Richtung einer Veränderung von Lehrerhandeln darstellt (Wahl 2001). Videos können in diesem Sinne als wertvolle Instrumente eingesetzt werden, „um Forschendes Lernen bezogen auf konkrete Unterrichtsqualitätsziele zu unterstützen“ (Krammer und Reusser 2005, S. 42) und „die vielfältigen, die Interaktion prägenden

Prozesse und Muster des Lehr-Lern-Geschehens in ihrer Komplexität zu rekonstruieren“ (Dinkelaker und Herrle 2009, S. 11). Für die zweite Phase der Lehramtsausbildung konnten Dorlöchter et al. zeigen, dass Videografie als sinnvolles Instrument zur Förderung der Reflexivität eingesetzt werden kann (Dorlöchter et al. 2006).

3.4.5.2 Bedingungen für den Einsatz von Unterrichtsvideos

Filmaufnahmen, die Handlungsweisen von Lehrenden in realen Unterrichtssituationen dokumentieren, sind sehr persönliche Dokumente, deren Einsatz einen respektvollen Umgang innerhalb einer konstruktiven, sachbezogenen Arbeitskultur erfordert (Krammer und Reusser 2005; Reusser 2005). Eine solche Arbeitskultur verzichtet bewusst auf eine Evaluation und Bewertung der Lehrperson und rückt stattdessen eine Analyse des Lehrerhandelns im seiner Kontextabhängigkeit, seinen Begründungen und Folgen in den Mittelpunkt des Interesses.

Der respektvolle Umgang aller Beteiligten bildet die Grundlage, auf der Lehrende sich bereiterklären, authentische Arbeitsproben videografieren zu lassen und diese dann nicht nur für die eigene Reflexion zu nutzen, sondern sie auch anderen Praktikern für die Fort- und Weiterbildung zur Verfügung zu stellen (Krammer und Reusser 2005). Wird Videografie in asymmetrischen Ausbildungssituationen, z. B. dem zweiten Abschnitt der Lehrerausbildung, eingesetzt, kann sie von dem Lernenden als Bedrohung empfunden werden, wenn sie defizitorientiert und verpflichtend eingesetzt wird. Im Rahmen des Projektes „Unterricht im Diskurs“ (Dorlöchter et al. 2004) wurden Bedingungen formuliert und erprobt, unter denen Videografie auch in der Lehrerausbildung für alle Beteiligten angenehm und gewinnbringend eingesetzt werden kann. Der Einsatz der Videografie muss von dem Lehramtsanwärter explizit gewünscht (Prinzip der Nachfrageorientierung) und freiwillig angewandt werden. Der Lernende darf außerdem über die Form und den Rahmen der Auswertung bestimmen. Die Ausbilder stehen im Idealfall zwar auf Nachfrage des Lehramtsanwärters zur Verfügung, um der Auswertung und dem damit verbundenen Feedback beizuwohnen, es ist dem Lernenden aber freigestellt, die Auswertung im Rahmen einer symmetrischen Arbeitsgruppe mit anderen Lernenden durchzuführen. Das Recht am eigenen Bild verbleibt zu jeder Zeit bei den gefilmten Personen (Dorlöchter et al. 2004; Dorlöchter et al. 2006). Dies bezieht sich selbstverständlich auch auf die gefilmten Schüler, deren Eltern den Filmaufnahmen im Vorhinein zustimmen müssen.

3.4.5.3 Grenzen von Videografie

Auch wenn einige Hinweise für den sinnvollen Einsatz von Videos in der Lehrerausbildung vorliegen, müssen die Grenzen dieses Mediums beachtet werden. Medientheoretisch betrachtet zeigen Videos nicht die Realität, sondern stellen lediglich einen durch den Produzenten des Videos ausgewählten Ausschnitt dar. Die Auswahl der Kameraeinstellung, die Anzahl der genutzten Kameras, deren Aufbau sowie die Ausrichtung verwendeter Mikrophone sind bewusste Entscheidungen (Baltruschat 2014). Sie zeigen die Unterrichtsstunde nicht so, wie sie stattgefunden hat, sondern bieten eine Reflexionsfläche, aufgrund derer das Geschehene perspektivisch rekonstruiert werden kann. Außerdem unterstützen sie Lehrende, ihre individuellen Erinnerungen an Unterrichtsgeschehen zu vervollständigen (Dorlöchter et al. 2004).

Nicht nur, aber auch da der Einsatz von Videografie mit einem verhältnismäßig großen finanziellen und organisatorischen Aufwand verbunden ist, gestalten sich vielfache Wiederholungen von Videografien einer Person oft schwierig. Ein schnelles Erreichen der an den Einsatz der Videografie gestellten Ziele, z. B. die Förderung der Reflexionsfähigkeit, wäre daher wünschenswert. Dorlöchter et al. (2008) konnten allerdings zeigen, dass sich die Wahrnehmung und der Fokus von Referendaren im Verlauf mehrerer qualitativ sinnvoll eingesetzter Videografien wandelt. Sie identifizierten fünf Auseinandersetzungsebenen, die „oft auch in zeitlicher Abfolge“ (Dorlöchter et al. 2008, S. 2) durchlaufen werden. Auf der ersten Auseinandersetzungsebene, die Dorlöchter et al. als „Identifikation und Irritation“ bezeichnen, steht die Entdeckung des „Ich“ im Vordergrund. Erst auf der zweiten Auseinandersetzungsebende erfolgt eine Verknüpfung beobachteter Verhaltensweisen und Handlungsformen mit der eigenen Identität und erste Erklärungshypothesen werden formuliert. Die dritte Auseinandersetzungsebene beinhaltet u.a eine Selbstdiagnose handlungsleitender Einstellungen und deren Infragestellung durch Selbsterkenntnis. Auf der vierten Auseinandersetzungsebene verortet der Teilnehmer an einer Videografie sein Handeln im Zusammenhang mit anderen Handelnden und hinterfragt seine Wirkung auf andere Personen. Erst auf der höchsten Auseinandersetzungsebene kann der Teilnehmer eine Verbindung zwischen mehreren Reflexionsebenen leisten und alternative Handlungsoptionen entwickeln (Dorlöchter et al. 2008).

Die Vielschichtigkeit der Erfahrungen und Reflexionsleistungen, die mit Videografie verbunden ist, zeigt, dass dieses Instrument erst durch mehrfache Wiederholung seine volle Wirkung erfalten kann.

3.4.5.4 Bedeutung von Videografie für diese Arbeit

In dem in dieser Arbeit entwickelten, erprobten und evaluierten Seminar wurde Videografie eingesetzt, um die Leistungen der Studierenden im Lehr-Lern-Labor zu filmen. Detaillierte Informationen zum Ablauf der Videografie, zur Einbettung in die Veranstaltung und zu Entscheidungen bezüglich der Anzahl und Perspektiven eingesetzter Kameras sind in Abschnitt 4.2.2.3.3 dargestellt. Die aufgezeichneten Videos sollten vor allem die Gedächtnisleistungen der Studierenden erweitern und sie zur Reflexion über ihre Arbeit mit Schülern anregen. Sich selbst und die Schüler im Nachhinein noch einmal in einer entspannten Atmosphäre zu sehen, sollte den Studierenden helfen, sich für die ausführliche Auswertung besser zu erinnern und auch Details, die ihnen während der Durchführung nicht aufgefallen oder in Vergessenheit geraten waren, in ihre Evaluation einzubeziehen. Der einmalige Einsatz von Videografie kann selbstverständlich keinen bleibenden Einfluss auf die Reflexionsfähigkeit oder das Handeln der Studierenden ausüben, er kann aber dazu beitragen, Reflexionsprozesse anzuregen. Darüber hinaus sollte die Erfahrung einer bewertungsfreien Videografie in der Universität Hemmungen gegenüber dieser Methode abbauen, die laut Keuffer „zu Beginn als belastend erlebt wird“ (Keuffer 2010, S. 197) und Offenheit für möglicherweise in der Seminarausbildung oder während der Berufstätigkeit angebotenen Videografien wecken. Wie von Dorlöchter et al. für die zweite Phase der Lehrerbildung vorgeschlagen, verlief die Evaluation und Reflexion primär materialgestützt und im Dialog zwischen den Studierenden. Die Seminarleiterinnen standen auf Nachfrage unterstützend zur Verfügung.

3.4.6 Portfolios

Der Begriff Portfolio hat seinen Ursprung in dem italienischen Verb portare, das tragen bedeutet, und dem Nomen foglio, das Blatt heißt. Wörtlich übersetzt bedeutet Portfolio also getragene Blätter (Häcker 2006b). Im übertragenen Sinn steht der Begriff Portfolio im pädagogischen Kontext für eine Sammlung von Dokumenten (z. B. Texte, Fotos, Video- oder Audiodateien), die an einem Platz (z. B. in einem Aktenordner oder einer Box, aber auch in einem Ordner auf einem Computer) zusammengefasst gelagert werden. Die Dokumente müssen prinzipiell transportierbar sein, denn nur dies ermöglicht eine Präsentation des Inhaltes über den Ort des Schaffens hinaus (Häcker 2006b). Die Anzahl der in der pädagogischen und fachdidaktischen Fachliteratur veröffentlichen Definitionen des Begriffs Portfolio ist groß (z. B. Häcker 2006a; Paulson et al. 1991; Tischler 2002). In ihnen spiegelt sich die Vielfalt des Portfoliobegriffes wieder. Jedes Portfolio sollte folgende

Grundbedingungen erfüllen: Es soll eine bewusst getroffene Auswahl kommentierter Dokumente enthalten und so aufbereitet sein, dass auch eine Person, die nicht in den Portfolioprozess eingebunden ist, es rezipieren kann (Winter 2006a).
Die in diesem Kapitel dargestellten, theoretischen Hintergründe zur Portfolioarbeit, wurden zu großen Teilen von der Verfasserin dieser Arbeit bereits an folgender Stelle veröffentlicht: Marohn und Rohrbach 2013.
In Abschnitt 3.4.6.1, werden zuerst verschiedene Portfoliotypen vorgestellt, bevor in den Abschnitten 3.4.6.2 und 3.4.6.3 Portfolios als Mittel der Leistungsbeurteilung und als Reflexionsinstrumente vorgestellt werden. Zum Abschluss dieses Kapitels wird der dargestellte theoretische Hintergrund zu Portfolios zu der vorgestellten Forschungsarbeit in Bezug gesetzt (Abschnitt 3.4.6.4).

3.4.6.1 Portfoliotypen

Qualitätsvolle Portfolioarbeit kann nur gelingen, wenn zu Beginn des Prozesses, an dessen Ende das fertige Portfolio steht, die Grundbedingungen geklärt werden. Es muss klar sein, zu welchem Zweck das Portfolio angefertigt wird, welche Inhalte es enthalten kann und soll und wer die Entscheidungen über die Auswahl der eingelegten Inhalte trifft. Aus diesen drei Dimensionen wird ein virtueller „Portfolioraum“ aufgespannt, innerhalb dessen alle denkbaren Portfolioformen angeordnet werden können (Häcker 2006a). Innerhalb des „Portfolioraums“ sind alle Varianten möglich, aber nur einige sind sinnvoll. Beispiele für sinnvolle Typen von Portfolios (nach Jervis 2006), in denen die oben genannten Kriterien (Zweck, Inhalte, Entscheidungen) sich stark unterscheiden können, werden folgend kurz beschrieben:

- In einem **Dokumentationsportfolio** werden über einen festgelegten Zeitraum Dokumente gesammelt, die der Lerner für die Aufbewahrung im Portfolio auswählt. Persönliche Dokumentationsportfolios sind daher sehr individuelle Produkte, die viel über die Interessen, Fähigkeiten, Bereitschaft zur Reflexion usw. ihres Verfassers aussagen können.
- **Bewertungsportfolios** dienen der Leistungsbewertung. Meist enthalten sie auch „standardisierte Belegstücke“ (Jervis 2006, S. 48), die einen Vergleich mehrerer Portfolios überhaupt erst ermöglichen. Aufgrund des asymmetrischen Verhältnisses zwischen dem Verfasser des Portfolios und der bewertenden Person oder Instanz sind Bewertungsportfolios häufig durch ein hohes Maß an Anpassung gekennzeichnet.
- **Prozessportfolios** enthalten nicht nur fertige Lernprodukte, sondern auch Entwürfe, die im Verlauf der Entwicklung des Produktes entstanden sind. Im

Fokus des Interesses steht der Lernprozess, nicht so sehr das Produkt. Prozessportfolios bieten zahlreiche Gelegenheiten, den eigenen Lernprozess zu reflektieren.

- Bevor ein **Portfolio bester Arbeiten** angelegt werden kann, müssen sich die beteiligten Personen darüber verständigen, was unter dem Begriff „gute oder beste Leistung“ verstanden wird. Solche Standards, die immer das Leistungsvermögen des Schülers und die Erwartungen des Lehrers berücksichtigen, können für individuelle Schüler oder für die ganze Klasse festgelegt werden. Die Schülerarbeiten sollten dann von Lehrern und Schülern regelmäßig unter diesen Kriterien analysiert und diskutiert werden.

3.4.6.2 Portfolios als Instrumente der Leistungsbewertung

Der Grundstein für universitäre Portfolioarbeit wurde 1986 von Peter Elbow und Pat Belanoff gelegt (Elbow und Belanoff 1986; Lombardi 2008). Ihre Unzufriedenheit mit dem bestehenden Bewertungssystem eines Literatur-Kurses an der State University of New York ließ sie nach alternativen Beurteilungsinstrumenten suchen. Im US-amerikanischen Bildungssystem erfreut sich der Einsatz von Portfolios auf allen Bildungsebenen großer Beliebtheit (z. B. Lombardi 2008; Wade und Yarbrough 1996; Zeichner und Wray 2001). Auch im deutschsprachigen Raum werden Portfolios in allen Schulformen und allen Phasen der Lehrerausbildung eingesetzt. In allen Ausbildungsphasen wird das Potential des Portfolios, die Leistungsbewertung zu individualisieren, hervorgehoben (Winter 2008). Ein Portfolio schafft einen Rahmen, um verschiedene Leistungsnachweise zu bündeln und auszustellen. Die Lehrperson erfährt auf diese Weise mehr über die Interessen, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler. Die Nutzung des Portfolios verpflichtet die Lehrenden dazu, sich intensiv mit den sehr differenzierten Produkten der Lerner auseinander zu setzten. Ein Vergleich mit anderen Lernenden ist oft nicht möglich. Um zu verhindern, dass die Leistungsbeurteilung aufgrund mangelnder Vergleichbarkeit als willkürlich empfunden wird, sollten für bewertete Portfolios Kompetenzraster erarbeitet werden, an denen sich Lernende und Lehrende orientieren. Idealerweise entstehen diese Kompetenzraster als Produkt eines Erarbeitungsprozesses zwischen der Lehrperson und den Lernenden (Brunner et al. 2006). Die Bewertung kann, in Abhängigkeit von der Funktion des Portfolios, formativ oder summativ durchgeführt werden. Ein summativ bewertetes Portfolio ist stärker produktorientiert. Es enthält die Lernprodukte, die in die abschließende Bewertung eingehen. Seine Stärke liegt im Vergleich zu klassischen Formen der Leistungsbewertung darin, dass die

Lernenden auch eigeninitiativ Leistungen erbringen können (Winter 2006b). Im Fall der formativen Bewertung dient das Portfolio als Grundlage für Lehr-Lern-Gespräche zwischen dem Lehrer und dem Lernenden, in denen der Lernprozess besprochen und sein Fortgang geplant wird. Die metakognitive Funktion des Portfolios steht im Mittelpunkt. Rein formative Portfolios bleiben unbenotet, um das Vertrauensverhältnis der Gesprächspartner in den Planungsgesprächen nicht zu gefährden (Behrens 1997). Ist die Lehrperson verpflichtet, eine Note für den erfolgreichen Abschluss der Veranstaltung zu vergeben, so bietet sich die Durchführung einer Portfolioprüfung an. In diesem Prüfungsformat bildet das Portfolio die Grundlage für das Prüfungsgespräch.
Für die Präsentation des Portfolios sollte eine Öffentlichkeit geschaffen werden, indem andere Lernende zu den Präsentationen eingeladen werden. Die so geschaffene öffentliche Leistungswahrnehmung kann sich sehr positiv auf die Motivation der Lernenden auswirken, wenn diese merken, dass die Leistung, die sie erbracht haben, belohnt wird, und dass sie stolz auf ihr Produkt sein können (Winter 2006b).

3.4.6.3 Portfolios als Reflexionsinstrumente

In der Hochschuldidaktik liegen Schwerpunkte für die Begründung des Einsatzes von Portfolios zusätzlich auf der geförderten Reflexionskompetenz und Professionalisierung von Studierenden sowie auf der Möglichkeit durch Portfolioarbeit eine Verbindung von wissenschaftlichen Theorien und pädagogischer Praxis zu schaffen (Winter 2008).
Der Herstellung des Theorie-Praxis-Bezugs stellt in der Lehramtsausbildung eine der entscheidenden Herausforderungen dar. An der Universität erlernte wissenschaftliche Theorien können für eine professionelle pädagogische Praxis nicht unreflektiert übernommen und angewendet werden. Stattdessen muss der Studierende sein Theoriewissen auf praktische, nur begrenzt planbare Situationen anpassen und umsetzen. Die Umsetzung erweist sich u. a. deshalb als schwierig, da grundsätzliche strukturelle Differenzen zwischen theoretischer und praktischer Erkenntnis bestehen. Ein Anschluss des Wissens an die Handlungskompetenz ist nur dann möglich, wenn beide Ebenen horizontal vernetzt reflektiert werden (Niggli 2001). Die Reflexion über in der Universität erlerntes Wissen und selbst gemachte Überlegungen und Erfahrungen, die durch das Führen des Portfolios in den Studierenden angeregt wird, kann die Studierenden dazu befähigen, eine „Brücke zwischen dem Erwerb von Wissen und Handlungskompetenzen [...] zu bauen“ (Hascher und Schratz 2001, S. 5). Im Verlauf des metakognitiven Reflexionsprozesses kann bei den Studierenden

zusätzlich ein Gewinn an Selbsterkenntnis eintreten und sie können differenziertere Vorstellungen über ihre individuellen Lernwege erlangen, was sie zu lebenslangem Lernen befähigt (Kraler 2007; Wade und Yarbrough 1996).

3.4.6.4 Bedeutung von Portfolios für diese Arbeit

Das Portfolio erfüllt im Verlauf der vorgestellten Seminareinheit vier unterschiedliche Funktionen: Es dient den Studierenden als formativ entstandenes Reflexionsinstrument über ihre Lernprozesse, ermöglicht ihnen die Herstellung eines Theorie-Praxis-Bezugs, bildet die Basis für den in der Studienordnung verlangten unbenoteten Leistungsnachweis und liefert – neben den Fragebögen und Interviews – Daten, die in die Evaluation des Forschungsprojektes einfließen. Eine ausführliche Darstellung des Portfolioeinsatzes im vorgestellten Seminar befindet sich im Abschnitt 4.2.3.1.3.

4 Design-Experiment

Innerhalb eines Design-Based Research-Projektes ist eine Hierarchisierung der Mesozyklen, wie sie in der Verwendung der folgend genutzten Begriffe Pilotierung (Abschnitt 4.1) und Hauptuntersuchung (Abschnitt 4.2) suggeriert wird, nicht obligatorisch. Alle Mesozyklen können, je nach Fragestellung, als gleichwertig oder als aufeinander aufbauend betrachtet werden.

Für eine schwache Hierarchisierung des zweiten und dritten gegenüber dem ersten Mesozyklus sprach innerhalb dieses Projektes, dass zu Beginn des Projektes kaum Vorerfahrungen oder Veröffentlichungen über die grundlegenden Themen des Seminars vorlagen. Bezüglich der Vermittlung des Themas „Schülervorstellungen im Chemieunterricht“ in der universitären Lehre durch den Einsatz des hochschuldidaktischen Konzepts Forschendes Lernen konnte nicht auf Veröffentlichungen zurückgegriffen werden. In der chemiedidaktischen Lehrerausbildung war dies ein innovativer Ansatz. Während die Prozesse naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Nature of Science) u. a. an den Universitäten Köln und Münster gelehrt und reflektiert wurden, war eine Vermittlung naturwissenschaftsdidaktischer Erkenntnisprozesse, die auch geistes- und sozialwissenschaftliche Methoden beinhalten, bisher nicht bekannt. Der erste Mesozyklus dieses designbasierten Forschungsprojektes (Abschnitt 4.1) diente der Erprobung der Methode Forschendes Lernen, der Entwicklung eines vorläufigen Designs der Intervention, das in den kommenden Semestern weiterentwickelt werden sollte, und der Entwicklung geeigneter Evaluationsinstrumente. Der zweite und dritte Mesozyklus (Abschnitt 4.2) bildeten zusammen die Hauptstudie, in der die entwickelte Intervention erprobt und auf Grundlage der speziell entwickelten Evaluationsinstrumente evaluiert wurde.

4.1 Erster Mesozyklus – Pilotierung

Die Pilotierung der vorgestellten Veranstaltung fand im Wintersemester 2012/13 in drei parallel verlaufenden Veranstaltungen mit insgesamt 65 Studierenden am Institut für Didaktik der Chemie an der Universität zu Köln statt. In der Vorbereitung der Pilotierung wurde ein erstes, theoretisch fundiertes und auf Unterrichtserfahrungen von Frau Prof. Marohn aufbauendes Seminarkonzept entwickelt, das im Verlauf der Lehrveranstaltung kontinuierlich (weiter-)entwickelt und evaluiert wurde. Die Mikrozyklen des ersten Mesozyklus (Analyse und Vorbereitung in Abschnitt 4.1.1, Konstruktion und Durchführung in Abschnitt 4.1.2; Evaluation und

Reflexion in Abschnitt 4.1.3) werden folgend, analog zum Strukturmodell design-basierter Forschung, beschrieben.

4.1.1 Analyse und Vorbereitung

Am Beginn des Forschungsprojektes standen Ergebnisse einer unveröffentlichten Interviewstudie des Arbeitskreises von Frau Prof. Marohn am Institut für Didaktik der Chemie an der Universität zu Köln, die darauf hinwiesen, dass Studierende, auch wenn sie bereits einige Lehrveranstaltungen, die die Thematik Schülervorstellungen thematisierten, erfolgreich absolviert hatten, häufig an ihren ursprünglichen Erklärungsmustern bezüglich der Ursachen von Schülervorstellungen festhielten. Aus diesen Forschungsergebnissen stellte sich die Frage nach Ursachen für die Stabilität der Vorstellungen Studierender im Kontext Schülervorstellungen und nach Möglichkeiten, diese Vorstellungen zu verändern. Im Rahmen einer oder mehrerer universitärer Veranstaltungen sollten Vorstellungen von Studierenden so beeinflusst werden, dass die Studierenden vermittelte Forschungsergebnisse über Schülervorstellungen nicht nur passiv akzeptieren, sondern auch in ihre gedanklichen Konstrukte integrieren und dazu befähigt werden, diese in ihrer Praxis aktiv anzuwenden.

4.1.1.1 Problem- bzw. Fragestellung für die Pilotierung

Für den ersten Durchlauf der Intervention stellte sich die Frage, wie eine Intervention aussehen könnte, die die Studierenden nicht nur für die Bedeutung von Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht sensibilisiert, sondern ihnen auch Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit Schülervorstellungen vermittelt und sie gleichzeitig zur Reflexion – bezüglich ihrer Subjektiven Theorien über Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen – anregt. Außerdem sollte die Intervention so konzipiert werden, dass die Studierenden Forschendes Lernen in Schule und Hochschule nicht nur als theoretischen Inhalt des Seminars lernen, sondern dieses als hochschuldidaktisches Konzept selbst im Lehr-Lern-Labor erleben und über Chancen und Risiken für den Einsatz in Schule und Hochschule reflektieren.

Vor Beginn des Projektes lagen keine Veröffentlichungen über Seminare oder Weiterbildungsveranstaltungen für Lehrende im Kontext Schülervorstellungen vor, die zur Orientierung hätten dienen können. Der Fokus dieses ersten Mesozyklus wurde daher auf die Konzipierung der Intervention und dazu passender Evaluationsinstrumente gelegt.

4.1.1.2 Zielformulierung für die Pilotierung

Im Verlauf des ersten Forschungszyklus wurden zwei eng miteinander verbundene Ziele angestrebt. Zum einen sollte auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse der Lehr-Lern-Forschung ein Seminar entworfen werden, das Studierende an die Thematik Schülervorstellungen heranführt, sie für dieses Thema sensibilisiert, ihnen Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit Schülervorstellungen vermittelt und sie zur Reflexion ihrer Subjektiven Theorien bezüglich Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen anregt. Der Schwerpunkt der Betrachtung wurde dabei auf dem Einsatz des Forschenden Lernens gelegt, um Ansätze für konkrete Umsetzungen dieses hochschuldidaktischen Prinzips in der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu entwickeln. Hierbei konnte auf Veröffentlichungen zur Konzipierung und Evaluation von Praxisphasen im Rahmen des erziehungswissenschaftlichen Studiums (z. B. Arens et al. 2009; Boelhauve 2009) zurückgegriffen werden. Parallel sollten Instrumente zur Evaluation entwickelt und erprobt werden, die Rückschlüsse auf die Wirkung der Intervention zuließen.

Vor Beginn der Veranstaltung wurden drei Themengebiete (Schülervorstellungen, Forschendes Lernen und Evaluation der Veranstaltung) festgelegt, die als wesentlich für die Konzipierung des Seminars angesehen wurden und deren Konkretisierung im Verlauf des ersten Mesozyklus vorangetrieben werden sollte. Die Vermittlung von Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kontext von Schülervorstellungen bildete den inhaltlichen Schwerpunkt der Veranstaltung, der methodisch durch den Einsatz des hochschuldidaktischen Konzepts Forschendes Lernen unterstützt werden sollte.

Der Umfang und die Schwerpunkte dieser Themengebiete wurden durch Fragen definiert, die zum Abschluss des ersten Mesozyklus beantwortet werden sollten, um die Ergebnisse in die Entwicklung des zweiten Mesozyklus einfließen zu lassen. Die drei Themengebiete sowie die diese aufspannenden Fragen lauteten:

<u>1. Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kontext von Schülervorstellungen</u>

1.1 Inwiefern verändert das Seminar das Wissen der Studierenden über Schülervorstellungen?

1.2 Inwiefern verändert das Seminar die Wahrnehmung und die Bewertung des Themas „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“?

2. Forschendes Lernen

2.1 Inwiefern verändert das Seminar das Wissen und die Bewertung des Konzepts Forschendes Lernen in der Schule?

2.2 Inwiefern verändert das Seminar das Wissen und die Bewertung des Konzepts Forschendes Lernen in der Hochschule?

2.3 Welche Form des Forschenden Lernens eignet sich in diesem Seminar besonders, um die Studierenden praktisch an Schülervorstellungen im Chemieunterricht heranzuführen?

2.4 Welche Phasen des Seminars erweisen sich für den Erwerb von Kenntnissen und Fähigkeiten im Kontext Schülervorstellungen als besonders bedeutsam?

3. Evaluation/Bewertung des Seminars

3.1 Wie bewerten die Studierenden das neue Seminarkonzept?

3.2 Welche Verbesserungen des Seminarkonzepts werden durch die Evaluation des ersten Mesozyklus nahegelegt?

4.1.1.3 Rahmenbedingungen

Im Wintersemester 2012/13 wurde das zuvor aus theoretischen Überlegungen konzipierte Seminar erstmals in die Lehrerausbildung der Universität zu Köln integriert. Das Seminar wurde in zwei Versionen für Studierende mit unterschiedlichen abgestrebten Studienabschlüssen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihres Studiums angeboten. Die Veranstaltung wurde als reguläre Veranstaltung im Vorlesungsverzeichnis angekündigt; die Beschreibung ließ keinen Rückschluss auf die Integration der Lehrveranstaltung in das beschriebene Forschungsprojekt zu. Die Zusammensetzung der Teilnehmer der Seminare ergab sich aus der Wahl der Studierenden. Zwei Seminare wurden von Bachelorstudierenden, ein drittes von Studierenden des Staatsexamensstudiengangs besucht. Die Bachelorstudierenden wurden aufgrund der Größe der zur Verfügung stehenden Räume und einer Verbesserung des Betreuungsverhältnisses in zwei Gruppen unterteilt. Sie erhielten dieselbe Intervention und werden daher folgend als eine Gruppe beschrieben.

Die Studierenden beider Lerngruppen brachten sehr heterogene Voraussetzungen mit in die Veranstaltung. Der Lern- und Reflexionsprozess von Studierenden über ein Semester hinweg kann durch sehr viele Faktoren beeinflusst werden, zu denen u. a. die individuelle Motivation, persönliche Lebensumstände, Reflexionsfähigkeit, aber auch bereits vorliegende Unterrichtserfahrungen der Studierenden zählen. Aufgrund der zeitlichen Länge der Intervention und der Einbettung in den realen

Kontext der universitären Lehrerausbildung war es nicht möglich, alle denkbaren Variablen zu erheben oder sogar konstant zu halten. Stattdessen wurden im Wesentlichen Variablen erhoben, für die ein Einfluss auf den Reflexionsprozess der Studierenden im Verlauf des Seminars antizipiert wurde. Zu diesen Faktoren zählten u. a. Vorerfahrungen im Bereich der Chemiedidaktik oder anderer Naturwissenschaftsdidaktiken, Vorerfahrungen im Kontext Schülervorstellungen und Vorerfahrungen mit der Erstellung eines Portfolios. Die Bedeutung dieser Vorerfahrungen wurde bereits während der Planung des Seminars antizipiert und zumindest teilweise im Rahmen des Prä-Tests der Evaluation oder der ersten Seminarsitzung erfragt. Die Ergebnisse der Antizipation und Auszüge dieser Befragung werden folgend dargestellt.

4.1.1.3.1 Studierende des Bachelorstudiengangs

Die folgenden Abschnitte beschreiben Informationen über die Studierenden des Bachelorstudiengangs.

4.1.1.3.1.1 Demografische und ausbildungsrelevante Daten

Diese Studierendengruppe schloss Studierende des Bachelorstudiums mit bildungswissenschaftlichem Anteil mit dem Studienprofil Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen, Lehramt an Haupt-, Real- und Gesamtschulen und dem Lehramt für sonderpädagogische Förderung ein. Insgesamt nahmen 21 Männer und 23 Frauen im Alter zwischen 18 und 36 Jahren teil. Die meisten Teilnehmer waren zwischen 20 und 22 Jahren alt. Die Studierenden des Lehramts an Gymnasien und Gesamtschulen und des Lehramts an Haupt-, Real- und Gesamtschulen befanden sich im 3. Fachsemester. Die drei Studierenden mit sonderpädagogischem Schwerpunkt studierten im 5. Fachsemester.

4.1.1.3.1.2 Vorwissen in der Fachdidaktik Chemie

Im vorangegangenen Sommersemester hatten die Studierenden die chemiedidaktische Einführungsvorlesung „Grundlagen der Chemiedidaktik“ bei Frau Prof. Marohn besucht. Da Frau Prof. Marohn schon zu Beginn des Sommersemesters 2012 wusste, dass die Studierenden, die dem von der Universität vorgeschlagenen Stundenplan folgten, im kommenden Semester an diesem Seminar teilnehmen würden, sparte sie die Behandlung der Thematik Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht so weit wie möglich aus.

Bezüglich der Studierenden des Lehramtsstudiengangs für sonderpädagogische Förderung kann die chemiedidaktische Vorerfahrung nicht so genau bestimmt werden, da diese ihren Stundenplan selbst erstellten.

4.1.1.3.1.3 Vorwissen zu Schülervorstellungen

Im Rahmen des Fragebogens, den 35 der Studierenden in der ersten Seminarsitzung beantworteten, gaben 23 Studierende auf die Frage „*Haben Sie im Verlauf Ihres Studiums Informationen zu „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ erhalten? [...]“* an, bisher keine Informationen zu diesem Thema erhalten zu haben. Acht Studierende verwiesen auf die Vorlesung von Frau Prof. Marohn und vier Studierenden war das Thema aus anderen fachdidaktischen oder erziehungswissenschaftlichen Veranstaltungen bekannt. Aufgrund der vorliegenden Informationen über die Veranstaltung „Grundlagen der Chemiedidaktik“ konnte davon ausgegangen werden, dass 89 % der Studierenden keine oder nur sehr eingeschränkte Kenntnisse (aus der Vorlesung „Grundlagen der Chemiedidaktik“) zu Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht mit in das Seminar brachten oder ihre Kenntnisse diesem Kontext nicht aktiv zuordnen konnten.

4.1.1.3.1.4 Vorwissen bezüglich Portfolioarbeit

Für die Studierenden des Lehramts an Gymnasien und Gesamtschulen und des Lehramts an Haupt-, Real- und Gesamtschulen konnten Vorerfahrungen bezüglich der Führung eines Portfolios angenommen werden. Im Rahmen der Praxisphasen des erziehungswissenschaftlichen Studiums wurden alle Studierenden angehalten, die Erfahrungen ihrer Praktika, vom Eignungspraktikum bis ins Praxissemester, kontinuierlich in einem Portfolio zu dokumentieren. Wenigstens das Eignungspraktikum hatten die Studierenden im 3. Fachsemester bereits absolviert. Die Anfertigung des „Portfolio Praxiselemente“ galt für Studierende dieser Studienordnungen als Voraussetzung für die Zulassung zum Vorbereitungsdienst. An diese Vorerfahrungen wurden sowohl theoretisch als auch in praktischen Anwendungen im Seminar angeknüpft und die Kenntnisse wurden vertieft.
Die drei Studierenden mit sonderpädagogischem Schwerpunkt äußerten auf Nachfrage, dass sie noch keine Erfahrung mit der Anfertigung eines Portfolios hatten. Sie erhielten außerhalb der Seminarzeit eine Einführung in die Methodik.
Allen Studierenden wurde angeboten, sich jederzeit bei Fragen zum Portfolio an die Leiterinnen der Veranstaltung zu wenden.

4.1.1.3.2 Studierende des Staatsexamensstudiengangs

Die folgenden Abschnitte beschreiben Informationen über die Studierenden des Staatsexamensstudiengangs.

4.1.1.3.2.1 Demografische und ausbildungsrelevante Daten

Für Studierende, die das Fach Chemie an Gymnasien und Gesamtschulen oder an Haupt-, Real- und Gesamtschulen im auslaufenden Staatsexamensstudiengang studierten, wurde eine eigene Veranstaltung angeboten, an der 11 Männer und 10 Frauen teilnahmen. Diese meisten Studierenden waren zwischen 22 und 29 Jahren alt, zwei Studierende waren älter als 30 (33 und 49 Jahre).

4.1.1.3.2.2 Vorwissen in der Fachdidaktik Chemie und dem Thema Schülervorstellungen

Das Vorwissen der Studierenden des Staatsexamensstudiengangs bezüglich Fachdidaktik allgemein, aber auch bezüglich des Themas Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, war heterogen. Voraussetzung für die Teilnahme an der vorgestellten Veranstaltung war der erfolgreiche Abschluss des Grundstudiums. Alle Studierenden hatten mindestens eine Vorlesung zu chemiedidaktischen Grundlagen bei einer der beiden lehrenden Professorinnen für Chemiedidaktik der Universität zu Köln, Frau Prof. Marohn oder Frau Prof. Reiners, besucht. Darüber hinaus konnten die Studierenden auch an einem oder mehreren chemiedidaktischen Seminaren teilgenommen haben. Da die genaue Anzahl der Veranstaltungen nicht erfragt wurde, kann hier keine detaillierte Aussage gemacht werden. Ob Erfahrungen zum Thema Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht aus Veranstaltungen anderer Fächer vorlagen, wurde im Evaluationsfragebogen erhoben. Von den 17 Studierenden, die am Fragebogen-Prä-Test teilnahmen, gaben 13 Studierende an, in mindestens einer Veranstaltung Informationen über Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten zu haben.

4.1.1.3.2.3 Vorwissen bezüglich Portfolioarbeit

Das Vorwissen bezüglich der Erstellung eines Portfolios war in dieser Lerngruppe ebenfalls sehr heterogen. Einige Studierende hatten bereits in anderen universitären Veranstaltungen Portfolios angefertigt. Die meisten Studierenden hatten aber noch keine Erfahrung mit Portfolioarbeit, daher wurde die Methode für alle Studierenden ausführlich vorgestellt.

4.1.2 Konstruktion und Durchführung

Um die Studierenden auf einen professionellen Umgang mit Schülervorstellungen vorzubereiten und ihre Reflexionsfähigkeit zu schulen, wurde eine Seminareinheit konzipiert, die drei verschiedene Elemente integrierte:

- ein chemiedidaktisches Seminar mit dem Themenschwerpunkt *Schülervorstellungen* und einem Exkurs zum Thema *Forschendes Lernen in Schule und Hochschule*,
- ein Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen sowie
- ein Lehr-Lern-Labor in den Räumlichkeiten der Universität.

Als hochschuldidaktisches Konzept wurde das Forschende Lernen gewählt, da für dieses Konzept nachgewiesen werden konnte, dass es Studierenden den Erwerb eines breiten Spektrums an Kompetenzen ermöglicht. Neben fachlich inhaltlicher Handlungskompetenz erlangen Studierende Sozialkompetenz, Methodenkompetenz und Selbstkompetenz (Didion und Wiemer 2009) sowie die Fähigkeit zur Reflexion über das eigene Handeln, die angewandten Theorien und Methoden sowie die Umwelt, in die das Handeln eingebettet ist (Schneider 2009). Diese im Forschenden Lernen erworbenen Kompetenzen sind nicht nur für professionelles Lehrerhandeln allgemein, sondern auch für den professionellen Umgang mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht essentiell. Darüber hinaus bietet Forschendes Lernen auch für Studierende niedriger Semester (Huber 2009) einen geeigneten Ansatz zur Lösung des Problems der gegenseitigen Anbindung von wissenschaftlichen Theorien und pädagogischer Praxis. Ein professioneller Umgang mit Schülervorstellungen kann Lehrenden nur dann gelingen, wenn sie Strategien entwickeln, mit deren Hilfe sie theoretische Kenntnisse bezüglich Ursachen von Schülervorstellungen oder Umgangsweisen erfolgreich in ihre Praxis integrieren.

Durch den Einsatz forschungsorientierter Lehr-Lern-Arrangements wird den Studierenden ein Perspektivwechsel nahegelegt. Dieser regt die Lehrenden an, ihre pädagogische Praxis aus der Perspektive methodisch abzusichernder Erkenntnisgewinnung zu betrachten (Schneider und Wildt 2009). Durch die Entwicklung und gleichzeitige Reflexion *„Praktischer Theorien“* (Nias und Groundwater-Smith 1988, S. 2) können Studierende darin unterstützt werden, professionelles Lehrerhandeln aufzubauen.

Die Konzipierung und die Durchführung des Seminars werden ausführlich für die Studierenden im Bachelor-Studiengang dargestellt. Die Veranstaltung für die Studierenden im Staatsexamensstudiengang entsprach im Wesentlichen dem fachdidaktischen Seminar der Bachelor-Studierenden. Die Veranstaltung für die Studierenden im Bachelor-Studiengang umfasste drei Semesterwochenstunden[16], die äquivalente Veranstaltung für die Studierenden im Staatsexamensstudiengang dauerte zwei Semesterwochenstunden. Aufgrund der durchschnittlich längeren Studienzeit der Studierenden des Staatsexamensstudiengangs, die die Veranstaltung erst nach erfolgreichem Abschluss des Grundstudiums besuchen konnten, konnte auf im Grundstudium erworbene Fähigkeiten und Fertigkeiten der Studierenden im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen zurückgegriffen werden. Inhalte des Seminars zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen wurden daher nur punktuell in das chemiedidaktische Seminar für die Studierenden des Staatsexamensstudiengangs integriert.

In den ersten zwei Dritteln des Semesters verliefen das fachdidaktische Seminar für die Bachelorstudierenden und das Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen inhaltlich vernetzt, aber in räumlich und strukturell unterschiedlicher Form. Ab der elften Semesterwoche, in die der erste Besuch einer Schulklasse im Lehr-Lern-Labor des Instituts fiel, wurden die Seminare thematisch zusammengefügt. Die Studierenden führten ab diesem Zeitpunkt eigene Forschungsprojekte sowie die Auswertung und die Präsentation der Ergebnisse in drei Doppelstunden pro Woche durch.

Abbildung 7 stellt den zeitlichen Verlauf der drei *Säulen der Seminareinheit* (das chemiedidaktisches Seminar mit dem Themenschwerpunkt Schülervorstellungen, das Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen sowie die Arbeit der Studierenden mit Schülergruppen im Lehr-Lern-Labor der Universität), deren Zuordnung zum Theorie-Praxis-Bezug und die eingesetzten Evaluationsinstrumente und -zeiten schematisch dar.

[16] Das chemiedidaktische Seminar zum Thema Schülervorstellungen umfasste laut Vorlesungsverzeichnis zwei Semesterwochenstunden, das „Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen“ eine Semesterwochenstunde. Die beiden Veranstaltungen lagen zeitlich direkt nacheinander und wurden inhaltlich verknüpft.

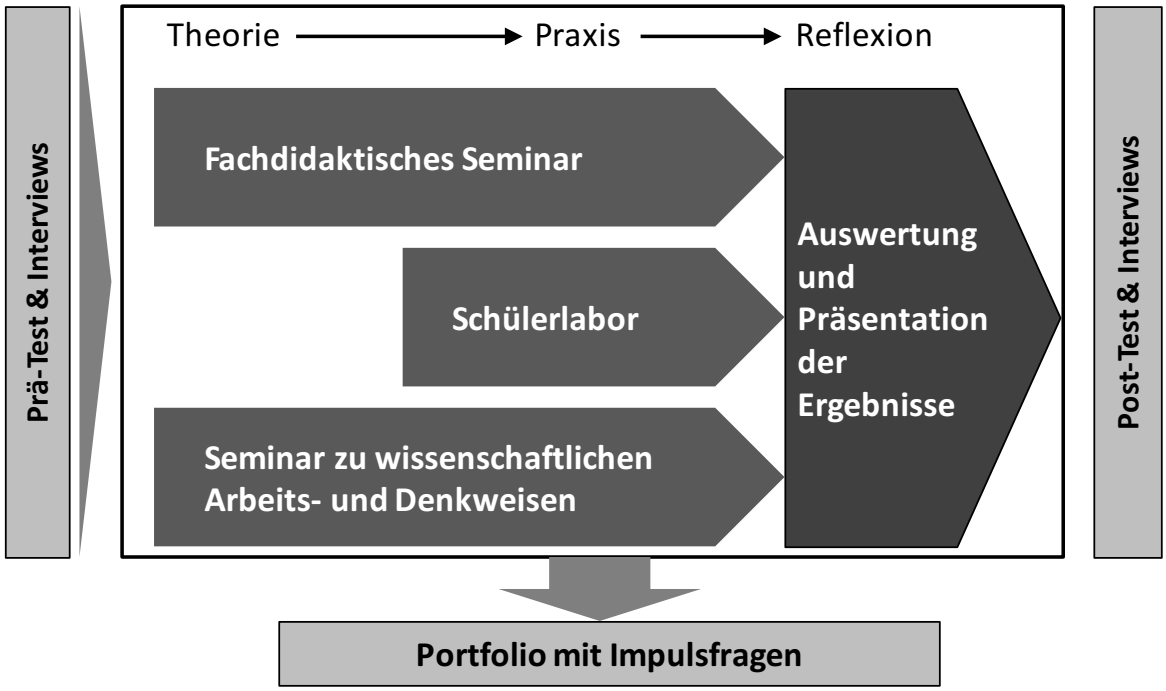


Abbildung 7: Säulen der Seminareinheit und zeitlicher Ablauf

Die beiden Seminare, die Arbeit der Studierenden im Lehr-Lern-Labor und die gemeinsame Auswertungs- und Präsentationsphase werden folgend beschrieben.

4.1.2.1 Fachdidaktisches Seminar

Im Lehrplan der Studierenden des Bachelorstudiengangs Chemie für Gymnasien und Gesamtschulen an der Universität zu Köln war im dritten Studiensemester ein „Seminar zu grundlegenden Aspekten der Fachdidaktik“ vorgeschrieben. Im Wintersemester 2012/13 wurde diese Veranstaltung so konzipiert, dass die Studierenden Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kontext Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht und über die Methode des Forschenden Lernens in Schule und Hochschule erwerben konnten.

4.1.2.1.1 Umsetzung des Themas „Schülervorstellungen“

Das doppelstündige „Seminar zu grundlegenden Aspekten der Fachdidaktik“ wurde auf Grundlage des im Kapitel 3.3 vorgestellten Modells zu Wissenselementen und Fähigkeiten so geplant, dass den Studierenden Gelegenheiten geboten wurden, möglichst viele Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kontext Schülervorstellungen zu erwerben.

Den thematischen Einstieg in das Seminar bildete eine Multiple Choice-Diagnoseaufgabe zur Neutralisation[17], die die Studierenden selbstständig bearbeiteten. Die unterschiedlichen Antworten der Studierenden zeigten, dass auch die Studierenden – obwohl es sich um Fachinhalte der Mittelstufe handelt – teilweise noch erhebliche Schwierigkeiten beim Lösen dieser Aufgabe hatten. Die anschließende Diskussion der Antwortmöglichkeiten machte deutlich, welche Ideen, Ursachen und z. T. kluge Gedankengänge hinter falschen Antworten stehen können.

In den folgenden zwei Doppelstunden wurden anhand zahlreicher *Beispiele aus empirischen Forschungsprojekten* häufig auftretende Schülervorstellungen und mögliche Ursachen erarbeitet. Die thematisierten Beispiele umfassten u. a. Vorstellungen zum Aufbau der Materie, zum Lösen und Sieden, zu Redox-Reaktionen, zur Elektrochemie, zum chemischen Gleichgewicht, zu Säuren und Basen sowie zum Elementbegriff. Anhand der Beispiele wurden verschiedene Ursachen aufgezeigt, die zur Ausbildung dieser fachlich falschen Vorstellungen führen können.

Folgende *Ursachen* wurden thematisiert: Nicht-eindeutige Abbildungen, Alltagserfahrungen und Alltagssprache, die Bedeutung von Fachbegriffen im Widerspruch zur Alltagssprache und Fachbegriffe im Wandel der (Schul-)Zeit, Erfahrungen aus dem Chemieunterricht und aus anderen Unterrichtsfächern, besonders dem Physikunterricht.

Der nächste Seminarabschnitt legte den Fokus auf die *Veränderung* von unwissenschaftlichen Vorstellungen. Durch die sich anschließende Auseinandersetzung mit dem Ansatz des moderaten Konstruktivismus und mit Conceptual Change- bzw. Conceptual Growth-Theorien erfuhren die Studierenden, dass Lernen als individueller Prozess verstanden werden muss, der durch vorherige Erfahrungen beeinflusst wird. Über die Auseinandersetzung mit diesen Lehr-Lern-Theorien wurden gemeinsam mit den Studierenden Kriterien abgeleitet, die Lehrkräfte bei der Unterrichtsgestaltung berücksichtigen sollten, um der Orientierung an individuellen Schülervorstellungen gerecht zu werden. Durch die Einbindung des Unterrichtskonzepts „choice2learn“, das sich explizit an Lernervorstellungen orientiert, erhielten die Studierenden zudem einen Einblick in konkrete Strategien, wie Lehrkräfte die Vorstellungen ihrer Schüler im Unterricht berücksichtigen bzw. weiterentwickeln können.

Nach einer Doppelstunde, die das Thema „Forschendes Lernen in der Universität und der Schule“ in den Blick nahm, erfolgte eine Unterrichtsstunde, in der die

[17] Materialien und Inhalte, die sowohl während der Pilotierung als auch während der Hauptstudie zum Einsatz kamen werden erst im Kapitel „Hauptstudie“ ausführlich dargestellt und analysiert. Damit soll eine Zerpflückung der Materialien verhindert werden.

Unterrichtsinhalte zu Schülervorstellungen und ihren Ursachen wiederholt und mithilfe der Methode „Etherpad“[18] den Themenfeldern des aktuellen Lehrplans für das Gymnasium zugeordnet wurden. Diese Zuordnung verdeutlichte den Studierenden noch einmal die Vielfalt und die Bedeutung des Themas für den Unterricht.

4.1.2.1.2 Umsetzung des Forschenden Lernens in Schule und Hochschule

Das hochschuldidaktische Prinzip *Forschendes Lernen* wurde in diesem Seminar im Sinne eines „pädagogischen Doppeldeckers“ (Geißler 1985, S. 8; Wahl 2006, S. 62) eingesetzt. Während sich die Studierenden forschend der Thematik Schülervorstellungen näherten, lernten sie zeitgleich Forschendes Lernen als Methode zur Unterrichtsgestaltung kennen und reflektierten deren Sinn in der Schule und der Hochschule. Für die theoretische Auseinandersetzung wurden Auszüge aus zwei Veröffentlichungen zu Forschendem Lernen in der Schule (Brunner 2001) und Forschendem Lernen in der Hochschule (Huber 2009) in arbeitsteiliger Gruppenarbeit nach dem Prinzip des kooperativen Lernens (Brüning und Saum 2009a; Brüning und Saum 2009b) gelesen und besprochen. Die Ergebnisse wurden in Form eines Venn-Diagramms (Brüning und Saum 2009c) dargestellt, das Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Forschenden Lernens in Schule und Hochschule verdeutlichte. Den Abschluss der Seminarstunde zum Forschenden Lernen bildete der Arbeitsauftrag, in einer Kleingruppe eine Unterrichtseinheit zu entwerfen, in der Schüler sich durch Forschendes Lernen Inhalte des Themas *Inhaltsstoffe in Lebensmitteln* erarbeiten könnten. Da die meisten Studierenden noch nicht viel Erfahrung in der Unterrichtsplanung hatten, erhielten sie Hilfestellungen in Form von Leitfragen, an denen sie ihre Planung orientieren konnten:

- Wie sieht ein gelungener Einstieg in die Unterrichtseinheit aus?
- Wie viele Unterrichtsstunden soll die Unterrichtseinheit umfassen?
- Welche Einschränkung des Themas sollte vorgenommen werden?
- Welche Voraussetzungen müssen die Schüler mitbringen?
- Welche Forschungsfragen könnten die Schüler stellen?
- Mit welchen Fragen oder Wünschen (bezüglich z. B. Chemikalien oder Materialien) der Schüler muss der Lehrer rechnen?
- Welche Hilfsmittel sollte der Lehrer zur Verfügung stellen?
- Welchen Inhalten des Lehrplans kann der Unterricht zugeordnet werden?

[18] Zur Erstellung wurde die folgende Homepage verwendet: https://etherpad.mozilla.org.

Die Ergebnisse dieser Unterrichtsplanungen wurden vorgestellt und im Plenum diskutiert. Der Anschluss der Theorie zu Forschendem Lernen an das zukünftige Berufsfeld Schule sollte die kognitive Auseinandersetzung mit dem Gegenstand intensivieren.
Die übrigen Seminarstunden wurden für die Planung, Durchführung, Evaluation und Präsentation eines eigenen Forschungsvorhabens eingesetzt, das die Studierenden im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors erprobten. Eine ausführliche Darstellung dieser Phasen ist in Abschnitt 4.1.2.3 beschrieben.

4.1.2.2 Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen

Das eine Semesterwochenstunde umfassende „Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen“ wurde im Rahmen der Konzeption der Bachelor-Master-Studiengänge im Lehramt Chemie an der Universität zu Köln auf Wunsch der Studierenden in den Bachelorstudiengang integriert. Da es demselben Modul zugeordnet war wie das chemiedidaktische „Seminar zu grundlegenden Aspekten der Fachdidaktik“ und laut Stundenplan der Studierenden im gleichen Semester absolviert werden sollte, konnten diese Seminare zu einer Einheit kombiniert und inhaltlich aufeinander abgestimmt werden. Fragen, die für die Planung und Reflexion der Forschungsvorhaben im fachdidaktischen Seminar relevant waren (z. B. „Wie entwickle und präzisiere ich eine Forschungsfrage?“ oder „Wie werte ich Videos von Gruppendiskussionen professionell aus?“), konnten so im parallel verlaufenden Seminar zu wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen thematisiert und erprobt werden.
Ziel des „Seminars zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen“ war, den Studierenden Forschung als „systematic self-critical enquiry made public“ (Nias und Groundwater-Smith 1988, S. 2 nach Rudduck und Hopkins 1985) zu vermitteln. Sie sollten die Bedeutung forschender Tätigkeit in doppelter Hinsicht für ihre Tätigkeit als Lehrende erfahren. Einerseits, indem sie selbst forschen und aus ihrem Wirken neue Handlungsoptionen ableiten (research-based), andererseits, indem sie aktuelle Forschungsergebnisse, z. B. aus Fachzeitschriften oder Fortbildungen, verstehen und für ihre Lehrtätigkeit berücksichtigen (research-informed/ research-led) (Niemi 2008).
Das Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen sollte Studierenden auch einen Einblick in fachdidaktische Forschung geben und sie auf eigenständiges wissenschaftliches Arbeiten z. B. im Rahmen von Hausarbeiten und

Bachelorarbeiten vorbereiten. Daher wurden die ersten vier Stunden der Veranstaltung der Dokumentation wissenschaftlicher Arbeit in Form der Anfertigung einer Hausarbeit, eines Protokolls, eines Portfolios und wissenschaftlicher Literaturrecherche gewidmet. Bezüglich des Portfolios konnte auf Erfahrungen bei der Anfertigung des „Portfolio Praxiselemente“ zurückgegriffen werden (Abschnitt 4.1.1.3.1.4). Diese Vorerfahrungen wurden sowohl theoretisch als auch in praktischen Anwendungen vertieft.

In den folgenden drei Seminarstunden erhielten die Studierenden einen Einblick in gängige Methoden fachdidaktischer Forschung, u. a. in die Erstellung und Auswertung eines Fragebogens, die Entwicklung und Erprobung eines Interviewleitfadens sowie die Durchführung und Auswertung einer Videoanalyse. An Stationen lernten die Studierenden jede Woche theoretische Hintergründe dieser drei Methoden kennen und erprobten sie exemplarisch. Das so erworbene Wissen und die neuen Fähigkeiten konnten die Studierenden während ihrer Arbeit mit den Schülern im Lehr-Lern-Labor anwenden. Auch die ethische Dimension von Studien mit Schülern wurde im Verlauf des Seminars reflektiert.

Anschließend stand der kritische Umgang mit Quellen und mit der wissenschaftlichen Zitation auf dem Stundenplan. Auch wenn diese Themen keinen direkten Bezug zum selbstständig durchgeführten Forschungsprojekt hatten, sind sie als Inhalt eines Seminars zu wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen obligatorisch. Das Thema der letzten Stunde vor dem Besuch der Schüler wies dann wieder einen direkten Bezug zum eigenen Forschen auf: Die Studierenden erlernten und erprobten Präsentationstechniken, die sie während der Präsentation ihres Forschungsprojektes einsetzten. Die übrigen Stunden des Seminars zu wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen wurden nicht mehr separat gestaltet, sondern wurden zusammen mit den Stunden des fachdidaktischen Seminars für die Durchführung, Evaluation und Präsentation des eigenen Forschungsvorhabens genutzt.

4.1.2.3 Planung, Durchführung, Evaluation und Präsentation eines eigenen Forschungsprojektes

Sechs Seminarstunden wurden für die Planung, Durchführung, Evaluation und Präsentation eines eigenen Forschungsprojektes verwendet. Die Studierenden konnten zwischen den nachfolgend vorgestellten drei Forschungsmöglichkeiten wählen:

4.1.2.3.1 Konzipierung, Durchführung und kurze Evaluation einer eigenen Unterrichtssequenz mit Mittelstufenschülern im Lehr-Lern-Labor

Die Studierenden, die sich für diese Forschungsvariante entschieden, entwickelten in Kleingruppen 30-minütige Unterrichtssequenzen zur Beantwortung eigener, eng begrenzter Forschungsfragen, die auf die Diagnose oder die Veränderung von Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht ausgerichtet waren.
Studenten, die den Fokus ihrer Forschung auf die Diagnose von Schülervorstellungen legten, konnten z. B. die Frage stellen, welche Vorstellungen zu Aggregatzustandsänderungen die Schüler mit ins Lehr-Lern-Labor und damit potentiell auch in den schulischen Unterricht brachten. Um diese Frage zu beantworten, konnten die Studierenden z. B. einen Fragebogen entwickeln und diesen im Rahmen des Lehr-Lern-Labor erproben oder auch Interviews mit Schülern durchführen und audiografieren. Diejenigen Studierenden, die sich auf die Veränderung von Vorstellungen konzentrierten, konnten z. B. fragen, wie sie der Vorstellung des Auseinanderbrechens von Molekülen beim Lösevorgang entgegenwirken könnten. Um diese Fragestellung zu beantworten, entwickelten sie zuerst ein Diagnoseinstrument, mit dem sie die Vorstellung der Schüler erhoben. Dann führten sie eine selbst entwickelte oder ihnen aus der Literatur bekannte Intervention durch und erhoben die Vorstellungen der Schüler erneut. Die entwickelten Sequenzen wurden im Rahmen von Lehr-Lern-Laboren an der Universität erprobt und auf Wunsch der Studierenden videografiert. Um den Arbeitsaufwand der Studierenden in einem ähnlichen Rahmen zu halten wie den Aufwand der Gruppen, die sich für die anderen Forschungsmethoden entschieden hatten, wurden die Studierenden nicht dazu verpflichtet, ihre Unterrichtssequenzen ausführlich auszuwerten und zu evaluieren. Die Studierenden, deren Unterrichtssequenzen auf eigenen Wunsch videografiert wurden, erhielten die Aufnahmen zur Verfügung gestellt.

4.1.2.3.2 Durchführung und Auswertung des Projektes „choice2learn“ mit Schülern der Oberstufe

Als andere Forschungsmöglichkeit wurde den Studierenden angeboten, eine Einheit der Unterrichtskonzeption „choice2learn“ (Abschnitt 3.4.2.6) mit Schülern eines Oberstufenkurses durchzuführen und anschließend auszuwerten. Die Materialien für die Durchführung (Marohn und Egbers 2011) wurden den Studierenden zur Verfügung gestellt. Ihre Aufgabe bestand darin, eine Schülergruppe während der Nutzung der Materialien zu betreuen. Die Schüler wurden während der Bearbeitung der Materialien gefilmt und ihre Kommunikation untereinander wurde aufgezeichnet.

Die Kleingruppen der Studierenden werteten die Audio- und Videodaten im Hinblick auf eine selbst gewählte Forschungsfrage aus (z. B.: Inwieweit wirkt sich der Redeanteil oder die Dominanz des Auftretens einzelner Schüler in der Bearbeitung der „choice2learn"-Materialien auf das Ergebnis der Bearbeitung aus?), wobei sie sich an Verfahren anlehnten, die sie im begleitenden Einführungsseminar in das wissenschaftliche Arbeiten kennengelernt hatten. Zu diesen Verfahren gehörte z. B. die Erstellung von Transkripten aus Audio- und Videodaten oder die quantitative Erfassung von Redeanteilen. Es wurden keine vollständigen Transkriptionen oder Inhaltsanalysen erwartet, allerdings sollten die Studierenden dazu in der Lage sein, ihre Forschungsergebnisse aufgrund der ihnen zur Verfügung stehenden Audio- und Videomitschnitte zu belegen. Für Studierende, die diese Forschungsvariante gewählt haben, lag der Arbeitsschwerpunkt nicht auf der Entwicklung der Materialien, sondern auf der Analyse der Daten.

4.1.2.3.3 Konzipierung, Erprobung und Evaluation eines Fragebogens oder eines Interviews

Diese Forschungsvariante vertiefte das im „Seminar zur Einführung in wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen" erworbene Wissen über Fragebögen und Interviews. Die Studierenden erhielten die Aufgabe, einen adressatengerechten Fragebogen oder ein Interview zu entwickeln, welche entweder die Diagnose von Schülervorstellungen oder ihre Veränderung fokussierten. Das entwickelte Evaluationsinstrument wurde mit einer festgelegten Anzahl Schüler erprobt, wobei Fragebögen mit mindestens dreißig, Interviewleitfäden mit mindestens fünf Schülern, durchgeführt werden sollten. Für die Auswahl und Rekrutierung der Probanden waren die Studierenden selbst verantwortlich. Dies hatte zur Folge, dass nicht nur Schüler, sondern auch kleine Geschwister, Cousinen, Kinder oder auch ältere Familienmitglieder der Seminarteilnehmer befragt wurden, wodurch sich über alle Studierendengruppen hinweg eine sehr heterogene Probandengruppe ergab. Auch wenn die Studierenden ihre Probanden zu unterschiedlichen Themen (z. B. Vernichtungsvorstellungen zur Erhaltung der Masse oder Vorstellungen zum submikroskopischen Aufbau der Materie oder der Masse von Gasen) befragten, entstand im Seminar der realistische Eindruck, dass Schülervorstellungen nicht auf Kinder oder die Schulzeit begrenzt sind. Auch Erwachsene (z. B. befreundete Studierende oder Eltern), die die Schulzeit bereits unterschiedlich lange abgeschlossen hatten und im Verlaufe ihres Unterrichts die fachlich anerkannten Antworten der Fragebögen gelernt haben sollten, beantworteten einige Fragen im Sinne empirisch gefundener Schülervorstellungen.

Zum Abschluss des Seminars präsentierten alle Studierenden ihre Forschungsergebnisse. Die Studierenden, die eigene Unterrichtssequenzen entworfen hatten, stellten ihre Entwürfe vor und berichteten über den Verlauf und ihre Auswertung. Einige belegten ihre Beobachtungen und Auswertungen mit Hilfe von Video- oder Tonausschnitten.

4.1.3 Evaluation und Reflexion

Entsprechend der Zielsetzung des ersten Mesoyklus, die die Entwicklung und Erprobung geeigneter Evaluationsinstrumente für folgende Mesozyklen anstrebte, werden die im Wintersemester 2012 entwickelten – vorläufigen – drei Evaluationsinstrumente (Fragebögen, Interviews und Portfolios) folgend inhaltlich zusammenfassend beschrieben. Aufgrund der Integration der Intervention in eine reale Bildungssituation musste die Evaluation in einem Rahmen stattfinden, der zeitlich und bezüglich des Arbeitsaufwandes von den Studierenden erwartet werden konnte. Die eingesetzten Instrumente und Evaluationsmethoden wurden unter Berücksichtigen der wissenschaftlich akzeptierten Qualitätskriterien konzipiert und angewendet. Abweichungen vom geplanten Vorgehen (z. B. Zeit und Orte der Befragung) waren aufgrund der Ausbildungssituation einzelner Studierender möglich.

4.1.3.1 Die Evaluationsinstrumente

Die Evaluation der Seminareinheit stützte sich auf die Auswertung von drei Evaluationsinstrumenten:

- Fragebögen, die im Prä-Post-Design von allen Studierenden bearbeitet wurden,
- Portfolios, die die Studierenden (abhängig vom Studiengang und dem zu erwerbenden Leistungsnachweis) im Verlauf des Seminars anfertigten, und
- Interviews, die auf freiwilliger Basis in der zweiten Seminarstunde und nach dem Abschluss der Veranstaltung als Einzelinterviews durchgeführt wurden.

Die Evaluationsinstrumente wurden so gewählt, dass sie einen möglichst umfassenden Einblick in die Lernfortschritte, aber auch in den Lernprozess der Studierenden zuließen. Die zu Beginn und nach Abschluss des Seminars durchgeführten Befragungen – in Form von Fragebögen und Interviews – erhoben schwerpunktmäßig Wissen und Vorstellungen zu Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht und zu Forschendem Lernen in Schule und Hochschule. Die von den Studierenden angefertigten Portfolios dienten primär zur Dokumentation und

Reflexion der Studierenden. Als Artefakte konnten sie aber auch Hinweise auf ablaufende Lernprozesse der Studierenden geben.

4.1.3.1.1 Fragebögen

Der Fragebogen wurde im Sommersemester 2012 entwickelt und mit 35 Studierenden erprobt. Die überarbeitete Version wurde im Wintersemester 2012/13 während der Pilotierung des Seminars eingesetzt. Die Studierenden beantworteten diesen Fragebogen vor und nach der Seminareinheit. Er sollten Rückschlüsse auf das Vorwissen, die Fähigkeiten und Subjektiven Theorien bezüglich der Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen und Verständnisschwierigkeiten sowie Forschendem Lernen in Schule und Hochschule ermöglichen.

Die Fragen zum Bereich *Schülervorstellungen* bezogen sich auf die vier Zielsetzungen des fachdidaktischen Seminars. Demnach sollen die Studierenden folgende Fähigkeiten entwickeln:

- Schülervorstellungen diagnostizieren und antizipieren
- Ursachen von Schülervorstellungen diagnostizieren und antizipieren
- Unterrichtsinhalte und Unterrichtsverläufe im Hinblick auf die Ausbildung oder Veränderung alternativer Schülervorstellungen reflektieren
- Strategien entwickeln, um mit Schülervorstellungen im Chemieunterricht umzugehen

Die Anforderungen an die Kenntnisse und Fähigkeiten der Studierenden wurden aus dem in der Vorbereitung des Forschungsprojektes entwickelten Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen abgeleitet. Die thematisierten Schülervorstellungen wurden aus einschlägigen Veröffentlichungen[19] der Forschung zu Schülervorstellungen im Chemieunterricht entnommen und in Fragenformate eingepasst, die die im Modell festgelegten Fähigkeiten und Fertigkeiten erfragen.

Die im Fragebogen gewählten konkreten Beispiele wurden größtenteils im Verlauf des Seminars *nicht* behandelt. Andernfalls könnte der Fragebogen nur eine Zunahme von *Wissen* im Bereich Schülervorstellungen testen, nicht jedoch, ob die Studierenden ihre Fähigkeit, Verständnisschwierigkeiten von Schülern und deren Ursachen besser einzuschätzen, verbessert haben.

[19] In den Beschreibungen der Aufgaben des finalen Fragebogens (Abschnitt 4.2.3) werden die verwendeten Literaturangaben zitiert.

Der zweite Teil des Fragebogens hinterfragte die eingesetzte Methode *Forschendes Lernen* in der Schule und der Hochschule. Die Fragen bezogen sich auf folgende Bereiche:

- Welches Bild haben Studierende von fachdidaktischer Forschung?
- Was verstehen die Studierenden unter Forschendem Lernen?
- Verändert sich das Bild von Forschung bzw. Forschendem Lernen im Verlauf der Seminareinheit?
- Zeigen die Studierenden Interesse an forschenden Tätigkeiten?
- Erachten die Studierenden Forschendes Lernen im Rahmen ihrer fachdidaktischen Ausbildung als sinnvoll?

Die Antworten der Studierenden wurden daraufhin untersucht, ob die Fragen von den Studierenden im Sinne des Verfassers verstanden wurden. Fragen, die diesem Kriterium nicht entsprachen, wurden überarbeitet oder aus dem Fragebogen entfernt. Die übrigen Fragen wurden in den Fragebogen zur Evaluation des Sommersemesters 2013 übernommen. Eine detaillierte Beschreibung des finalen Fragebogens, der nach einer Expertenvalidierung (vgl. 4.2.3.1.1 Fragebögen) im Wintersemester 2013/14 eingesetzt wurde, erfolgt in der Evaluation und Reflexi-on der Hauptstudie (vgl. 4.2.3 Evaluation und Reflexion).

4.1.3.1.2 Interviews

Das Leitfadeninterview gilt nach Scholl 2009 als Zwischenform zwischen dem narrativen Interview und dem standardisierten Interview. Im Vergleich zum standardisierten Interview wird sowohl dem Interviewenden als auch dem Befragten eine größere Freiheit in Bezug auf die Fragestellungen sowie die Antwortmöglichkeiten zugestanden. Der Interviewer bereitet einen Interviewleitfaden vor, der die wichtigsten Themen und Fragestellungen, die innerhalb des Interviews erfragt werden sollen, abdeckt. Die Fragestellungen sind in der Regel vorformuliert, können aber vom Interviewer auch auf eine andere, den Inhalt der Frage nicht verändernde Weise umformuliert werden (Scholl 2009). Dem Befragten werden keine Antwortmöglichkeiten vorgegeben, so dass dieser seine Antworten frei formulieren kann und muss. Dies setzt ein gewisses Maß kommunikativer Kompetenz bei dem Befragten voraus. Leitfadeninterviews werden meist angewendet, wenn Einblicke in die Tiefenperspektive der Befragten als bedeutender angesehen werden als eine einfache Vergleichbarkeit der Antworten. Trotzdem gewährleistet diese Interviewform eine stärkere thematische Fokussierung als das narrative Interview. Leitfadeninterviews werden häufig für Datenerhebungen in Fallstudien mit kleinen Stichproben oder im

Sinne eines Experteninterviews eingesetzt (Scholl 2009). Experteninterviews weisen einige Besonderheiten auf, auf die hier nicht näher eingegangen wird. Für weiterführende Informationen zu den Besonderheiten von Experteninterviews wird auf den entsprechenden Beitrag im Lehrbuch von Gläser und Laudel (2010) verwiesen.
Leitfadeninterviews verlangen ein hohes Maß inhaltlicher Involviertheit und Expertise bzw. eine sehr gute Vorbereitung des Interviewers. Er muss dem Befragten gut zuhören, um flexibel auf die sich ergebenden Gesprächssituationen und Antworten reagieren zu können und gegebenenfalls Nachfragen zu stellen. Im Verlauf des Interviews sollten alle relevanten Themen angesprochen und Fragen gestellt werden. Ob der Interviewer alle Fragen des Interviewleitfadens in der vorgegebenen Reihenfolge stellt oder die Reihenfolge gegebenenfalls verändert, liegt in seiner Verantwortung. Es dürfen auch Fragen ausgelassen werden, falls der Befragte diese schon innerhalb einer vorangegangenen Antwort beantwortet hat. Leitfadeninterviews werden meist audiografiert und anschließend transkribiert, um die Auswertung zu erleichtern. Der Transkriptionsstil kann je nach Fragestellung von den Verantwortlichen des Forschungsprojektes festgelegt werden. Aufgrund der im Vergleich zu narrativen Interviews meist ausgeprägten Fokussierung auf die Inhalte und Informationen der Antworten, wird häufig eine vereinfachte – „nonverbale und paraverbale Kennzeichen und Beschreibungen“ (Scholl 2009, S. 71) auslassende – Transkription vorgenommen. Grammatikalische Besonderheiten der gesprochenen Sprache oder regionale und dialektisch besondere Äußerungen können, müssen aber nicht notiert werden, sofern sie für den Informationsgehalt des Gesprächs nicht von Bedeutung sind. Die inhaltliche Analyse erfolgt häufig mit Hilfe der (qualitativen) Inhaltsanalyse (Scholl 2009).
Als zweites Evaluationsinstrument wurden Einzel-Leitfadeninterviews im Prä-Post-Design eingesetzt. In der zweiten Seminarstunde wurden alle Studierenden gebeten, an einer Interviewbefragung teilzunehmen, wobei die Befragung auf freiwilliger Basis stattfand. Insgesamt erklärten sich 18 Studierende zur Teilnahme an diesem ersten Einzelinterview bereit. Die Befragung wurde anhand eines voll standardisierten Interviewleitfadens von vier zuvor angelernten studentischen und wissenschaftlichen Mitarbeitern des Instituts für Chemie und ihre Didaktik durchgeführt. Der Interviewleitfaden enthielt Fragen zu Ursachen von Schülervorstellungen und nach möglichen Umgangsweisen mit ihnen im Unterricht. Die Fragen sollten Hinweise darauf liefern, ob die Studierenden nach der Teilnahme an der zu evaluierenden Veranstaltung quantitativ mehr Ursachen und Umgangsweisen nennen konnten. Während des Gesprächs geäußerte Bewertungen gegenüber speziellen Umgangsweisen

könnten einen Hinweis darauf geben, ob die Teilnahme am Seminar die Gewichtung von Umgangsweisen beeinflusste.
Darüber hinaus wurden die Studierenden gefragt, wie sie sich Forschendes Lernen in der Universität bzw. in der Schule vorstellten. Es wurde erwartet, dass einige Studierende vor Beginn der Veranstaltung Forschendes Lernen mit Tätigkeiten im Labor und der Durchführung von Experimenten verbanden. Forschendes Lernen als Konzept für den Unterricht in der Schule wurde im Verlauf des Seminars im Vergleich zu Forschendem Lernen an der Hochschule thematisiert. Die Erarbeitung erfolgte anhand von Grundlagentexten (Huber 2009, S. 9-35 und Brunner 2001, S. 39-44). Interessant erschien die Frage, ob die Beschäftigung und eigenständige Anwendung von Forschendem Lernen in der Universität von den Studierenden auf Forschendes Lernen in der Schule – im Sinne einer Transferleistung – übertragen werden konnte.
Nach Abschluss des Seminars wurden die Studierenden, die sich in der zweiten Seminarstunde für diese Befragung bereiterklärt hatten, noch einmal um ein Interview gebeten. Insgesamt nahmen neun Studierende an beiden Befragungen teil. Für die Durchführung dieser Einzelinterviews wurden individuelle Termine mit den Studierenden vereinbart und alle Interviews wurden von der Projektleiterin persönlich durchgeführt. Auch für die Post-Interviews wurde ein standardisierter Interviewleitfaden verwendet. Dieser enthielt zusätzlich zu den Fragen des Leitfadens, der bereits im Prä-Interview eingesetzt worden war, eine Frage zur Bewertung des Seminars. Über die standardisierten Fragen hinaus bot das Post-Interview eine gute Gelegenheit, Nachfragen bezüglich der von allen Studierenden beantworteten Fragebögen zu stellen.

4.1.3.1.3 Portfolios

Portfolios erfüllten im Verlauf der vorgestellten Seminareinheit unterschiedliche Funktionen. Das inhaltliche Leitziel der Seminareinheit bestand darin, die Studierenden zu einem professionellen Umgang mit Schülervorstellungen zu befähigen. Um dieses zu fördern, reichte es nicht aus, ihnen typische Denkkonzepte von Schülern vorzustellen, sondern sie mussten auf die Anwendung des theoretischen Wissens in der Praxis vorbereitet werden. Ein hauptsächlich als formativ entstandenes Reflexionsinstrument eingesetztes Portfolio kann diesen Theorie-Praxis-Bezug ermöglichen. Es bietet den Studierenden Gelegenheit, über ihre Lernprozesse und

Lernfortschritte zu reflektieren, und ermöglicht ihnen die Herstellung eines *Theorie-Praxis-Bezugs.*

Zum anderem bildeten die Portfolios die Basis für den in der Studienordnung verlangten *Leistungsnachweis*, der von allen Studierenden des Bachelorstudiengangs und von einigen Studierenden des Staatsexamensstudiengangs erbracht werden musste. Die Leistung bestand dabei in der Erstellung des Portfolios. Eine Bewertung des Inhalts oder der Qualität der Ausarbeitungen wurde nicht vorgenommen, da dies der primären Funktion des Portfolios als Reflexionsinstrument widersprochen hätte. Das Portfolio wurde als Form zum Erlangen des Leistungsnachweises gewählt, um eine Passung zwischen dem didaktischen Konzept, dem Bewertungssystem und der Prüfungsform (Winter 2006a) zu schaffen. Die Portfolioarbeit bildet eine gelungene Ergänzung zu dem stark lernerzentrierten Unterrichtskonzept des Forschenden Lernens. Die Portfolios der Studierenden sollten formativen Charakter haben, um die Reflexionskompetenz sowie Erkenntnisse über die eigenen Lernwege der Seminarteilnehmer zu fördern. Zusätzlich zu den genannten Funktionen stellen die Portfolios – neben den Fragebögen und Interviews – eine wichtige Grundlage für die *Evaluation* der Seminareinheit dar.

Um den Studierenden, von denen die meisten noch nicht viel Erfahrung mit der Erstellung von Portfolios hatten, die Portfolioarbeit zu erleichtern, wurden in jeder Seminarwoche Impulsfragen ausgegeben. Es stand den Studierenden frei, sich beim Verfassen ihres individuellen Portfolios an diesen Fragen zu orientieren oder sich frei zu den Inhalten zu äußern. Beide Varianten wären als Leistung im Sinne des geforderten unbenoteten Leistungsnachweises akzeptiert worden. Die Möglichkeit der freien Ausgestaltung des Portfolios wurde allerdings von keinem Studierenden gewählt.

4.1.3.2 Ergebnisse der Evaluation der Pilotierung

Da der vorgestellte erste Durchlauf dieses Design-Based Research-Projektes vor allem der Entwicklung und Erprobung geeigneter Evaluationsinstrumente für die kommenden Mesozyklen diente, wird die Evaluation an dieser Stelle inhaltlich zusammenfassend beschrieben. Eine über die Ebene des Deskriptiven hinausreichende Auswertung auf der Grundlage unvollständiger und nicht validierter Evaluationsinstrumente wäre aus wissenschaftlicher Sicht problematisch. Die Auswertung der Pilotierung beschränkt sich daher darauf, die in der Problemformulierung formulierten Fragen anhand der erhobenen Daten deskriptiv und exemplarisch zu beantworten.

1. Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kontext von Schülervorstellungen

1.1 Inwiefern verändert das Seminar das Wissen der Studierenden über Schülervorstellungen?

Zur Beantwortung dieser Frage wurden die Antworten der Studierenden in den Prä- und Post-Fragebögen auf Aufgaben, die Kenntnisse über Schülervorstellungen und ihre Ursachen erfragten, analysiert. Der Vergleich der Antworten zeigte, dass die meisten Studierenden in der Befragung nach dem Seminar durchschnittlich mehr Schülervorstellungen und deren Ursachen nennen konnten als zuvor. Dies wurde als Hinweis für die Effektivität des Seminars bezüglich der Vermittlung von Fachwissen im Kontext von Schülervorstellungen und deren Ursachen gedeutet.

Diese Deutung wurde u. a. durch die folgende Aussage eines Studierenden gestützt:

> „Vor dem Seminar hatte ich praktisch kein Wissen zu Schülervorstellungen und konnte damit eben so wenig anfangen. Nun bin ich in der Lage genauer hinzuschauen, wenn ein Schüler Probleme mit chemischen Zusammenhängen hat und kann mit ihm zusammen daran arbeiten. Ich kann Schülervorstellungen diagnostizieren und mit geeigneten Methoden dem Schüler das wissenschaftlich anerkannte Wissen vermitteln.“[20] (Student, StEx, Portfolio)

1.2 Inwiefern verändert das Seminar die Wahrnehmung und die Bewertung des Themas „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“?

Die Beantwortung dieser Fragen stützt sich hauptsächlich auf Aussagen von Studierenden, die diese innerhalb ihrer Portfolios und der Post-Interviews äußerten. Anhand mehrerer Beispiele wird gezeigt, dass das Seminar bei den Teilnehmern eine Sensibilisierung für das Thema Schülervorstellungen und – auch auf Basis des erworbenen Fachwissens – eine stärkere Gewichtung des Themas für ihre Vorstellungen von Unterricht erzielen konnte.

Der in der ersten Frage zitierte Student äußerte sich zu diesem Aspekt wie folgt:

> „Wie eingangs erwähnt wurde meine Wahrnehmung, Bewertung und überhaupt [mein, Anm. d. Verf.] Verständnis zu Schülervorstellungen sensibilisiert.“ (Student, StEx, Portfolio)

Eine Studentin beschrieb im Post-Interview – sicher etwas überspritzt –, dass ihr die Inhalte des Seminars in Zukunft dabei helfen werden, fachlich falsche Vorstellungen nicht als Fehler wahrzunehmen:

> „Also ich denke jetzt nicht mehr: Nein, sind die denn alle doof, dass sie das nicht verstehen. Ich verstehe, (lacht) dass ihr da die Probleme habt. Ich hatte selber die Probleme als

[20] Schriftliche Zitate aus den Portfolios und den Fragebögen wurden so weit wie möglich wörtlich übernommen. An einigen Stellen wurden – um die Lesbarkeit zu erleichtern – Korrekturen der Rechtschreibung, Grammatik oder Interpunktion vorgenommen. In wenigen Zitaten war es darüber hinaus notwendig, diese sinnerhaltend zu glätten.

Schülerin, deswegen kann ich mich da immer super reinversetzen (lacht).“[21] (Studentin, Bachelor, Interview)

Die Bedeutung des Fachwissens für Veränderungen der Wahrnehmung des Themas wurde ebenfalls benannt:

„Ich denke, in Zukunft werde ich mehr über Schülervorstellungen nachdenken. Sie waren mir vorher aktiv nicht bekannt, sodass ich sie erst durch das Seminar kennen gelernt habe.“ (Student, StEx Portfolio)

Die folgende Aussage eines anderen Studenten bestätigt nicht nur, dass er sich als sensibler bezüglich der Ursachen von Schülervorstellungen einschätzt, sondern verdeutlicht auch, welche Inhalte des Seminars dazu geführt haben, dass sich seine Bewertung „grundsätzlich geändert“ hat:

„Meine Wahrnehmung von Schülervorstellungen hat sich zwar nicht grundlegend geändert, aber ich denke schon, dass ich sensibler geworden bin, inwieweit manche Fachbegriffe Schüler verwirren können oder wie schwer verständlich manche Modelle in den Augen der Schüler sein können. Dass auch Merksätze oft als allgemeingültig angesehen werden, war mir neu. Bezüglich der Bewertung hat sich meine Meinung jedoch grundsätzlich geändert. Mir war nicht bewusst, dass Schülervorstellungen solch weitreichende Folgen in der Entwicklung der Schüler auslösen und auch, dass Schülervorstellungen in einem sehr hohen prozentualen Anteil bei den Schülern vertreten sind. Von daher denke ich, dass Schülervorstellungen ein schwerwiegendes Problem darstellen können und der Behebung dieser [Vorstellungen, Anm. d. Verf.] ein hoher Stellenwert zukommen sollte.“ (Student, StEx, Portfolio)

2. Forschendes Lernen

2.1 Inwiefern verändert das Seminar das Wissen und die Bewertung des Konzepts Forschendes Lernen in der Schule?

Veränderungen von Vorstellungen und Bewertungen konnten nur auf Grundlage der durchgeführten Interviews analysiert werden, da Vorstellungen zum Forschenden Lernen vor der Veranstaltung nur in den Interviews erhoben wurden. Die Kenntnisse und Vorstellungen der Studierenden zu Forschendem Lernen im schulischen Unterricht waren verhältnismäßig heterogen.

Ein Student verstand Forschendes Lernen als Lernen durch Experimente:

„Forschendes Lernen. Das würde ich jetzt ganz klassisch am Experiment sagen, dass die Schüler ein Experiment durchführen, auch eine Anleitung von dem Lehrer bekommen und dadurch dann/. Sie forschen ja, wenn sie ein Experiment durchführen, sie erforschen etwas Neues, was sie noch nicht kennen. Oder ein Wiederholungsexperiment aber das jetzt nebenbei. Und dadurch lernen sie. Sie machen Erfahrungen dadurch, was sie sehen, was sie

[21] Während der Interviews audiografierte mündliche Äußerungen wurden zuerst transkribiert und anschließend – um die Lesbarkeit zu erleichtern – wenn nötig für diese Veröffentlichung sinngemäß geglättet.

beobachten und dann später bei der Auswertung was da dann passiert ist und dadurch lernen sie etwas zu durchforschen.“ (Student, Bachelor, Prä-Interview)

Nach dem Seminar hatte sich die Vorstellung dieses Studenten über Forschendes Lernen insofern massiv verändert, dass er diese Lernform nicht mehr so eng mit dem Einsatz von Experimenten verband, sondern sie stattdessen mehr oder weniger mit der Unterrichtskonzeption „choice2learn“ gleichsetzte:

„Das ist ja ähnlich, wie wir das mit dem „choice2learn“ gemacht haben. Das war ja genau das, also so ein Beispiel für Forschendes Lernen, und das haben wir ja mit der Schulklasse auch ausprobiert. Das hat auch eigentlich alles wunderbar funktioniert. Es kommt natürlich trotzdem stark auf die Schüler an, auch wie die vorbelastet sind mit den Lehrern, was für Vorkenntnisse die haben. Aber generell ist das genau das, und dort haben wir verschiedene Lernimpulse, die an den Schülern gegeben werden. Und mithilfe dieser Lernimpulse versuchen wir, die Schüler eben nach und nach zu der richtigen Lösung eines wissenschaftlichen Problems zu bekommen. Und es gibt natürlich auch immer Lernimpulse, die für eine Sache sprechen und gegen eine andere und dann im Endeffekt diesen erkenntnistheorie-/ (lacht) erkenntniswissenschaftlichen Weg eben nachvollziehen, dass man eben auch sagen kann, so, hier von den acht Lernimpulsen [...] haben sechs gegen dieses eine Argument gesprochen, das heißt, das ist schon sehr unwahrscheinlich, dass diese Antwort richtig ist. Auch wenn wir jetzt nicht exakt wissen warum, aber diese wissenschaftlichen Sachen haben dagegengesprochen und einfach, dass man das wissenschaftliche Arbeiten besser lernt, und natürlich auch die Gruppendynamiken kann man natürlich damit stärken in der Klasse. Das ist halt die Frage, wie oft man das einsetzt [...].“ (Student, Bachelor, Post-Interview)

In diesem Fall hat sich die Vorstellung des Studenten zwar verändert und auch seine Perspektive auf die Lernvorgänge der Schüler hat sich im Vergleich zum ersten Interview erweitert, ein umfassendes Verständnis von Forschenden Lernen liegt allerdings nicht vor.

Eine Studentin setzte Forschendes Lernen mit sehr offenen Arbeitsformen gleich und stand diesen im ersten Interview sehr kritisch gegenüber. Auf die Frage „Wie stellst du dir Forschendes Lernen in der Schule vor?“[22], antwortete sie:

„Sehr schwer (lacht) mit den heutigen Schülern. Ich hatte das Praktikum nicht in einer Hauptschule, sondern in der Realschule. Sogar noch zwei Wochen freiwilliges Praktikum habe ich auch gemacht in Niedersachsen. Und ich fand das Schülerniveau sehr niedrig. (Studentin, StEx, Prä-Interview)

Auf die Nachfrage, was sie sich unter dem Begriff Forschendes Lernen vorstellte, ergänzte sie:

„Ich kann es mir vorstellen, dass man sie frei arbeiten lässt. Ich glaube auch, sie werden mehr Spaß daran haben als sich mit den theoretischen Teilen auseinanderzusetzen. Das ist unbeliebt. (lacht) Aber ich kann es mir nicht vorstellen, diese Art offenen Unterricht. Das ist

[22] In schriftlichen Dokumenten (z. B. den Fragebögen, den Impulsfragen oder auch den Interviewleitfäden) wurde die formale Ansprache „Sie“ verwendet. Da die Studierenden im Seminar die informelle Ansprache „Du“ wünschten, wurden auch die Interviews in dieser Weise geführt.

glaube ich zu übertrieben. Das ist zu offen. Dass man denen einfach die Frage vorgibt und dann sagt: „Ja, macht ihr mal was ihr möchtet." Zum Beispiel kann man vorher die Materialien geben welche Forschungsmethoden es gibt. [...] Ich glaube nicht, dass sie sich damit auseinandersetzen. Ich glaube schon, dass man ein paar Sachen vorgeben muss. Also man wird auf jeden Fall frontal vorgeben müssen. Ganz offen wird das nicht funktionieren." (Studentin, StEx, Prä-Interview)

Nach dem Seminar steht sie sehr offenen Lernformen zwar immer noch kritisch gegenüber, sie nennt aber Strategien und Optionen (z. B. „Leitideen und Tipps geben", oder das Thema „ein bisschen festlegen"), mit denen sie sich vorstellen kann, Forschendes Lernen sinnvoll einzusetzen. Und sie betont zusätzlich die positiven Folgen der für Forschendes Lernen typischen Bestandteile Reflexion über den Arbeitsprozess und die Arbeit in Gruppen:

„Erstmal würde ich mir wünschen, dass [...] die Voraussetzungen dazu vorgegeben werden. Zum Beispiel: Ihr solltet so und so vorgehen – das wäre besser – quasi Leitideen/Tipps, so etwas. [...]. Dass man das irgendwie vorher in die Hand gedrückt bekommt. Sonst ist es in Ordnung, dass zum Beispiel das Thema/die Fragestellung komplett frei ist. Das Thema würde ich schon – bisschen vielleicht – festlegen, in der Schule auf jeden Fall. In der Hochschule ist es vielleicht nicht so notwendig, weil ich finde, wenn man mit dem Studium fertig ist, sollte man sich [...] auf ein Thema festlegen können. Aber mit den Schülern würde ich es vielleicht nicht so machen. Ich würde ich schon vorher eine Richtung zeigen.

Und Reflexion ist ganz wichtig, nachdem die Praxis durchgeführt wurde. Reflektieren ist auch: Warum ist es falsch verlaufen oder warum hat es nicht geklappt? Was könnte man anders machen? Und die Ergebnisse mit den anderen [...] vergleichen. [...] Also, zwei Köpfe sind klüger als einer. (lacht) Es kann sein, dass mir irgendwie eine Idee entgangen ist und der andere ist darauf gekommen. Ich finde es schön und übernehme es einfach für mich." (Studentin, StEx, Prä-Interview)

Ein anderer Student brachte eine Vorstellung von Forschendem Lernen mit ins Seminar, die der im Seminar vermittelten Vorstellung bereits sehr nah war:

„Also natürlich vielfach mit einem Experiment. Nach Möglichkeit auch in einer Gruppe. [...] In einer Gruppe lernt man eben mehr, man kann sich so ein bisschen organisieren, das ist eigentlich immer so eine ganz gute Sache, mit der man erstens mehr lernt, [...] zweitens bereitet es einem natürlich eventuell auf das spätere Berufsleben eines (lacht) Forschers vor. [...] So weit wollen wir ja gar nicht. Forschendes Lernen, es gehört natürlich auch dazu, mal Widersprüche einzuflechten [...].

Also in der Schule ist es ja eigentlich auch empfohlen, dass das Lernen weitgehend darauf ausgerichtet ist, dass man Erfolgserlebnisse bei dem Forschen hat, was in der Forschung nachher ja leider (lacht) nur noch selten so aussieht. Und deswegen schadet es natürlich da nicht, wenn man den einen oder anderen Rückschlag auch schon mal zu Schulzeiten kennenlernt. Also das, das ist jetzt meine persönliche Meinung. Aber das Positive sollte halt überwiegen." (Student, StEx, Prä-Interview)

Nach dem Seminar enthielt seine Antwort immer noch wesentliche Aspekte Forschenden Lernens, der Schwerpunkt seiner Beschreibung verschob sich aber stärker in Richtung wissenschaftlicher Forschung:

> „Forschendes Lernen in der Schule [...] ist, zunächst einmal ganz grob gesagt, dem Schüler die Fähigkeit zu vermitteln oder zumindest die Kenntnis zu vermitteln, wie denn überhaupt Forschung in der Wissenschaft funktioniert. Das natürlich häppchenweise und vielleicht in einer abgespeckten Version. Das könnte erst einmal heißen, dass die Schüler so diese Grundlagen lernen, z. B.: Was ist eine Hypothese? Ich stelle eine Frage an die Natur, wie ist das in den theoretischen Rahmen, den man schon kennt, einzubetten? Und dann überprüfe ich das anhand eines Experiments. Ich prüfe, ob meine Hypothese richtig war und kann das dann in den ganzen Wissensfundus, den man dann hat, einbetten. Also quasi das, was in der Wissenschaft passiert, mal nachgemacht. Also das wäre zum Beispiel die eine Sache. Eine andere Sache wäre natürlich auch, das würde ich vielleicht in den unteren Klassen eher weniger machen, die mal wirklich damit konfrontieren, was denn Forschung darüber hinaus noch bedeutet. Das heißt Anträge schreiben, Forschungsgelder einholen. Wird denn meine Forschung überhaupt finanziert? Gibt es ein gesellschaftliches Interesse dafür? Wie präsentiere ich meine Forschung? Das kann man mit den Kleinen natürlich auch noch machen, ein bisschen was präsentieren [...].“ (Student, StEx, Prä-Interview)

Die Auswertung aller Aussagen von Studierenden zu Forschendem Lernen in der Schule ergab, dass zu Beginn des Seminars sehr heterogene Vorstellungen zu diesem Unterrichtskonzept vorlagen. Die im Verlauf des Seminars erhaltenen Informationen wurden von den Studierenden unterschiedlich aufgenommen und in das individuelle Vorwissen integriert, wodurch zum Abschluss des Seminars die meisten Studierenden ihre Vorstellungen erweitert, aber nicht alle eine – an aktuellen Erkenntnissen der Forschung gemessen – umfassende Vorstellung erreicht hatten.

2.2 Inwiefern verändert das Seminar das Wissen und die Bewertung des Konzepts Forschendes Lernen in der Hochschule?

Auch zu dieser Fragestellung können Veränderungen von Vorstellungen und Bewertungen nur auf Grundlage der durchgeführten Interviews analysiert werden. Auszüge aus den Portfolios liefern für Studierende, die nicht an den Interviews teilgenommen haben, einen ergänzenden Einblick in die Vorstellungen und Bewertungen nach dem Seminar.

Ein Student, der an beiden Interviews teilnahm, beantwortete die Frage, wie er sich Forschendes Lernen in der Hochschule vorstellte, nach dem Seminar wie folgt:

> „Ich mache das ja quasi (lacht) im Labor, und das ist einfach was komplett anderes, weil man es einmal wöchentlich hat. Man hat feste Zeiten, und es ist ein ganz anderer Druck, der dahinter ist. Man hat einen ganz anderen Zeitdruck, finde ich, den hat man in der Schule nicht, da geht man halt locker daran, dafür kriegt man keine Noten, dafür kriegt man keine Scheine, das ist nicht unbedingt entscheidend. In der Schule kann man sich auch zurücklehnen, wenn man sich nicht dafür interessiert, aber in der Uni will man das unbedingt machen

> und man hat eine feste Anzahl von Versuchen, da bereitet man sich drauf vor. Das weiß man in der Schule zum Beispiel auch nicht. Da kommt halt immer ein Versuch einfach so. Aber in der Uni weiß man das, und es sind natürlich deutlich komplexere und deutlich schwierigere Versuche. Und die Protokolle sind natürlich ganz entscheidend, die erfordern eine ganze Menge Zeit. Also man muss sich locker einen ganzen Tag Zeit nehmen, um das alles auch vor- und nachzubereiten und die Protokolle zu schreiben. Vom Zeitaufwand/ das ist einfach ein gigantischer Unterschied. Ein Protokoll, das schreibt man für einen Versuch in der Schule zusammen mit der Klasse, dann hat man das fertig, aber in der Uni, das ist ein ganz anderes Niveau. Und man hat natürlich ganz andere Geräte zu Verfügung und ganz andere Chemikalien. Man kann viel mehr machen und hat wirkliche Wissenschaftler mit dabei, die einem Anleitung geben. Das ist auch noch mal was anderes als ein normaler Chemielehrer. Man kann es überhaupt nicht miteinander vergleichen, würde ich sagen. Es ist halt ein kleiner Aufbau, aber alles, was ich jetzt in der Schule an Versuchen gemacht habe, könnte ich jetzt nie im Leben für die Uni verwenden. Also, man fängt quasi komplett von Null an, das ist ein ganz anderes Arbeiten als an der Schule.“ (Student, Bachelor, Post-Interview)

Ohne ein theoretisches Verständnis von Forschendem Lernen setzt dieser Student es hauptsächlich mit der Durchführung von Experimenten in der Universität gleich. Nach dem Seminar beantwortete er diese Frage zuerst so:

> „Das war die Frage, [...] die ich nie ganz verstanden habe, muss ich ehrlich sagen. Ich meine Forschendes Lernen, ich habe das jetzt meistens damit begründet, wenn wir im Labor sind und etwas herausfinden. Wir kriegen Aufgabenstellungen, was wir jetzt quasi zusammenkippen müssen, und dann schreiben wir Protokolle, wo wir das Ganze auswerten. Und das ist für mich halt das Forschende Lernen. Wir wissen nicht, was rauskommt [...]. In der Uni kommen wir eben zu einer Lösung. Das ist jetzt halt nicht genau dieses Projekt, das man da irgendwie entwickelt, aber man forscht halt, um etwas herauszufinden und lernt dadurch etwas.“ (Student, Bachelor, Post-Interview)

Der Student äußerte eine gewisse Unsicherheit bezüglich der Beantwortung der Frage („die ich nicht ganz verstanden habe“), und reflektiert darüber, wie er Forschendes Lernen verstanden habe („ich habe das jetzt meistens damit begründet, wenn wir im Labor sind und etwas herausfinden“). Nachdem er die Laborarbeit beschrieben hat, kommt er zu dem Schluss, „dass ist jetzt halt nicht genau dieses Projekt, das man da irgendwie entwickelt irgendwie, aber man forscht halt, um etwas herauszufinden und lernt dadurch etwas“. Mit dieser Formulierung zeigt er, dass die Form des Forschenden Lernens, wie sie im Seminar besprochen wurde, nicht immer einfach mit Labortätigkeiten in der Universität gleichzusetzen ist.
Im folgenden Gespräch wiederholte die Interviewerin noch einmal die im Seminar besprochenen Kriterien für Forschendes Lernen:

- Lehrer übernimmt eher Rolle als Mentor und Unterstützer
- u. a. möglichst freie Wahl der Fragestellung (Einschränkungen je nach Thema und Fähigkeiten der Lernenden möglich)

- Entwicklung eigener Lösungsstrategien
- Reflexion über Lösungsstrategien und Versuchsergebnisse
- Präsentation der Ergebnisse

Nach der Wiederholung dieser Kriterien äußerte sich der Student wie folgt:

> „Also, die letzten beiden Sachen [Reflexion und Präsentation, Anm. d. Verf.], dann ist es Forschendes Lernen, aber wenn ich es jetzt unter den ersten drei Aspekten sehe, dann ist es natürlich kein Forschendes Lernen, weil wir die Aufgabenstellung komplett gestellt kriegen, wie wir arbeiten müssen auch, die Apparatur-Aufbauten, und eigentlich sind die Assistenten immer dabei, muss ja auch wegen dem Sicherheitsaspekt. Und wenn man irgendwie nicht weiterweiß, wird man auch angeleitet und eigentlich direkt am Anfang auch die Sicherheitseinweisung und sowas. Also, man wird schon angeleitet. Präsentation der Ergebnisse ist eben durch die Protokolle, die man schreibt, das ist dann schon gegeben. Aber das ist ja eigentlich überall, egal wo man ist, man muss immer irgendwas präsentieren, und man will ja auch was präsentieren. Und die Reflexion macht man eben auch durch das Schreiben der Protokolle. [...] Das wären dann die Aspekte, die dafürsprechen, aber die drei anderen, die eigentlich ja dann elementarer für diese Methode sind, die würden dann eigentlich eher dagegensprechen. Muss man jetzt so sagen unter diesem Aspekt.“ (Student, Bachelor, Post-Interview)

Der Student betrachtet Laborpraktika nun reflektierter als Veranstaltungen, die nur einige Bedingungen des Forschenden Lernens erfüllen.

Am Beispiel dieses Studenten konnte gezeigt werden, dass die Beschäftigung mit Forschendem Lernen im Seminar ihn zur kritischen Reflexion von Veranstaltungen seiner eigenen Ausbildung befähigte. Im Interview gelang dies allerdings erst nach einer Wiederholung der Kriterien. Dieselbe Leistung gelang einigen anderen Studierenden auch ohne explizite Wiederholung, was ihre Antworten auf die Frage „Bitte nimm zu folgender Aussage begründet Stellung: Laborpraktika in der fachwissenschaftlich-chemischen Ausbildung sind Forschendes Lernen an der Universität“ zeigen:

> „Ich denke schon, dass Laborpraktika in gewissem Maße Forschendes Lernen sind, da wir uns selbst mit der Umsetzung der Thematik beschäftigen und eine eigenständige Auswertung anfertigen. Allerdings ist die Aufgabenstellung eng gefasst, was dem Sinn von Forschendem Lernen eigentlich widerspricht.“ (Studentin, Bachelor, Portfolio)

> „Ich bin nicht der Meinung, dass es sich bei meinen bisher absolvierten Praktika um Forschendes Lernen handelte. Wir mussten strikt nach Anweisung arbeiten und hatten auf Grund des sehr straffen Zeitplans keine Möglichkeit, tiefer in Materien einzutauchen, auch wenn es uns sehr interessierte. Oft genug waren wir der Laborarbeit überdrüssig, wenn man unter Zeitdruck Stoffe zusammengeben musste und schon in der Anleitung stand, wie das Ergebnis auszusehen hätte. Die Nachbereitung zu Hause war auch zu gelenkt, da man stark auf die Bedürfnisse seines Kontrolleurs eingehen muss. Das eigene Interesse kam hier viel zu kurz, die Arbeit hatte wenig mit dem wissenschaftlichen Arbeiten zu tun, von dem hier im Seminar die Rede war.“ (Studentin, Bachelor, Portfolio)

„Ich stimme dieser Aussage nur bedingt zu. Es kommt auf die Art des Laborpraktikums an. Forschendes Lernen ermöglicht den Einblick in wissenschaftliches Arbeiten und das selbstständige Erarbeiten von wissenschaftlichen Themen. Bei Laborpraktika gibt es meist immer ein fest vorgeschriebenes Laborskript mit Experimenten, die durchgeführt werden müssen, und es werden gezielt Fragen zu den jeweiligen Themen gestellt, die beantwortet werden müssen. Meiner Meinung nach ist dies der erste Schritt von Forschendem Lernen. Es muss einen streng geregelten Vorlauf geben, an dem man sich orientierten kann. Der nächste Schritt wäre das Stellen von eher offeneren Aufgaben oder das Formulieren eines Teilziels, welches durch eigenständiges Arbeiten erzielt werden soll. Durch den strengen Vorlauf kann der Studierende dieses Wissen dazu verwenden, sich selber Aufgabenstellungen zu überlegen, die er für sich selbst anpasst. Dabei lernt er den Umgang mit sich selbst, und es ermöglicht ihm eine tiefere Selbstreflexion. Somit ist Forschendes Lernen an der Universität und vor allem im Fachbereich Chemie leider nur sehr selten vertreten, denn die Möglichkeit, selber aktiv zu werden und sich mit der Materie auseinanderzusetzen, wird einem nicht gegeben.“ (Student, StEx, Portfolio)

2.3 Welche Form des Forschenden Lernens eignet sich in diesem Seminar besonders, um die Studierenden praktisch an Schülervorstellungen im Chemieunterricht heranzuführen?

Im ersten Mesozyklus wurden in der Praxisphase drei verschiedene Ausprägungen Forschenden Lernens erprobt (vgl. 4.1.2.3 Planung, Durchführung, Evaluation und Präsentation eines eigenen Forschungsprojektes). Die Seminarteilnehmer konnten frei wählen, an welchem der angebotenen Projekte sie teilnehmen wollten. Die Beantwortung dieser Frage stützt sich neben mündlichen Rückmeldungen auf die Auswertung der Portfolios.

Die Konzipierung, Durchführung und kurze Evaluation einer eigenen Unterrichtssequenz mit Mittelstufenschülern im Lehr-Lern-Labor und die Durchführung und Auswertung des Projektes „choice2learn“ mit Schülern der Oberstufe konnten in der Universität angeboten werden. Auch wenn die Konzeption „choice2learn“ von vielen Studierenden z. B. in den Interviews sehr positiv bewertet wurde und vielen als sinnvolle Umgangsmöglichkeit mit Schülervorstellungen in Erinnerung blieb – was die Auswertung der Portfolios und Interviews zeigte –, äußerten einzelne Studierende sich enttäuscht über diese Praxisphase, wie der folgende Auszug aus dem Portfolio einer Studentin zeigt:

„Die Aufgabe über Eugenol hat mir sehr gefallen, und ich denke, sie ist durchaus effektiv. Die Tatsache, dass „choice2learn“ mir so gut gefallen hat, und die, dass ich während dieses Semesters ein anderes Seminar hatte, in dem ich eine Unterrichtsstunde selber planen musste, hat mich dazu gebracht, in der Praxisphase „choice2learn“ mit der Oberstufe durchzuführen. Davon habe ich mir vorher erwartet, mit den Schülerinnen und Schülern zusammen zu sitzen, während sie die Aufgabe bearbeiten, um bei möglichen Problemen kleine Tipps zu geben.

> Alles in allem habe ich mir einen deutlich praktischeren und schülernäheren Ablauf vorgestellt, als es am Ende tatsächlich war. Dies fand ich ein wenig schade. Leider konnten wir die Schülerinnen und Schüler nur vom Rand aus beobachten und sollten sie so wenig wie möglich beachten, damit sie nicht abgelenkt und beunruhigt wurden. Die eigentliche Arbeit lag auf der Auswertung eines Videos. Das fand ich schade, denn von der Praxisphase hatte ich zu Beginn des Semesters viel erwartet. Zwar wurde im Seminar gesagt, dass der Schwerpunkt dieses Teils vorwiegend auf der Auswertung liegt, jedoch hatte ich nicht mit so einem starken Defizit zwischen Schülerzeit und Auswertungszeit gerechnet. Im Nachhinein hätte ich mich lieber für die Planung einer Unterrichtsstunde entschieden, da hier ein direkter Schülerkontakt möglich gewesen wäre.“ (Studentin, StEx, Portfolio)

Auch wenn es sich bei derartigen Äußerungen um Einzelfälle handelte, die wie die zitierte Schülerin meist selbst reflektierten, dass sie trotz ausreichender Information im Voraus falsche Erwartungen an diese Form der praktischen Arbeit gerichtet hatten, sollte diese Form des Forschenden Lernens für zukünftige Mesozyklen eher kritisch betrachtet werden. Sie stellt weniger eine forschende Lehrtätigkeit als eine forschende Tätigkeit dar.

Die Konzipierung, Durchführung und kurze Evaluation einer eigenen Unterrichtssequenz mit Mittelstufenschülern im Lehr-Lern-Labor wurden von der überwiegenden Anzahl der Studierenden positiv bewertet. Beispielhaft wird der Portfolioeintrag eines Studenten zitiert:

> „Drei wesentliche Punkte standen für mich im Vordergrund, weshalb ich mich für die Unterrichtssequenz in der Mittelstufe entschieden habe. Zunächst wäre mein Studiengang allein als Grund zu nennen. Ich studiere Bachelor Lehramt für Haupt-, Real- und Gesamtschulen. Daraus ergibt sich, dass ich in meiner späteren Berufsausübung genau mit dieser Klassenstufe arbeiten werde. So konnte ich die Chance nutzen, um Erfahrungen zu sammeln, wie man am besten mit Jugendlichen in diesem Alter umgeht und welche Vorstellungen diese besitzen. Des Weiteren gefiel mir die Tatsache, direkt mit den Schülern in Kontakt zu stehen und nicht lediglich eine beratende Funktion zu haben, wie es zum Beispiel bei den anderen Aufgaben der Fall gewesen wäre. Zwar steht diese Tatsache dem Gedanken des Forschenden Lernens etwas im Weg, trotzdem gefällt mir momentan diese Art des Unterrichtens noch am besten, da man so die Schüler, mit denen man ja nur kurz im Kontakt steht, am besten kennenlernt. Außerdem habe ich mich dafür entschieden, da man bei dieser Konzipierung einen sehr großen Freiraum in der Gestaltung hatte. Man durfte sich das Thema selber aussuchen und bekam von den Seminarleitern viel Unterstützung. Die einzige Vorgabe war die begrenzte Zeit von 30 Minuten.
>
> Alles in allem hat diese Art der Konzipierung sehr viel Freude bereitet und ich bereue meine Entscheidung keineswegs, mich dafür entschieden zu haben.“ (Student, Bachelor, Portfolio)

Solche und ähnliche positive Rückmeldungen, in Kombination mit Aussagen von Studierenden, die die Bedeutung ihrer unmittelbaren Tätigkeit mit den Schülern hervorheben, (vgl. nächste Evaluationsfrage) zeigten, dass diese Form des Forschenden

Lernens für das Erreichen der formulierten Ziele sinnvoll zu sein schien und in die nächsten Mesozyklen übernommen werden sollte.
Die Konzipierung, Erprobung und Evaluation eines Fragebogens oder eines Interviews stellte größere Anforderungen an die Organisationsfähigkeit der Studierenden, da die Probanden für dieses Projekt von den Studierenden selbst ausgewählt und Termine für die Durchführungen vereinbart werden mussten. Diese Form des Forschenden Lernens wurde aus zwei vornehmlich praktischen Gründen in das Seminarkonzept integriert. Zum einen wäre es nicht möglich gewesen, in der vorgegebenen Zeit für alle Studierenden eine angemessene Anzahl Probanden ins Lehr-Lern-Labor einzuladen, zum anderen waren die Besuche der Schulklassen vornehmlich an die Vorgaben der Schulen gebunden. Einigen Studierenden war es aufgrund von Überschneidungen mit anderen Veranstaltungen nicht möglich, zu den vorgegebenen Zeiten am Lehr-Lern-Labor teilzunehmen. Die Konzipierung, Erprobung und Evaluation eines Fragebogens oder eines Interviews konnte von den Studierenden ihrem individuellen Stundenplan angepasst werden. Diese Form des Forschenden Lernens sollte auch in den folgenden Mesozyklen nicht im Mittelpunkt des Seminarkonzepts stehen, zur Flexibilisierung der im Seminar geforderten Leistung schien sie aber in Ausnahmefällen durchaus geeignet zu sein.

2.4 Welche Phasen des Seminars erweisen sich für den Erwerb von Kenntnissen und Fähigkeiten im Kontext Schülervorstellungen als besonders bedeutsam?

Für die Evaluation des Seminars erschien es wesentlich, nicht nur Veränderungen zu erkennen, die sich im Verlauf des Seminars ergeben hatten, sondern auch so weit wie möglich herauszufinden, welche Impulse der Veranstaltung zu diesen Veränderungen geführt hatten. Hierfür wurden sowohl die Portfolios der Studierenden als auch die Post-Interviews analysiert.
Die folgende Aussage eines Bachelor-Studenten zeigt, dass die zu Beginn der Veranstaltung eingesetzten Multiple Choice-Fragen ihn zum Nachdenken über seine eigenen Vorstellungen anregten:

> „Ich fand die Multiple Choice-Fragen persönlich relativ schwer, was ich nicht gedacht hätte. Eigentlich sollte ich im dritten Semester nicht so lange überlegen, wie ich überlegt habe. Das zeigt einem selbst noch sehr deutlich, dass selbst zu Beginn des Studiums noch völlig falsche Schülervorstellungen hängen geblieben sind!“ (Student, Bachelor, Portfolio)

Die Praxisphase und ihre Auswertung wurden von vielen Studierenden als wichtig beschrieben. Einige Studierende beschrieben, dass die unmittelbare Erfahrung, wonach Schüler, die im Seminar theoretisch kennengelernten Vorstellungen äußerten,

einen wesentlichen Einfluss auf ihre Akzeptanz von Schülervorstellungen gehabt hätte. Das folgende Zitat zeigt deutlich, dass die Bachelor-Studentin den vorgestellten wissenschaftlichen Erkenntnissen über Schülervorstellungen nicht glaubte, dass sich dies aber durch ihre eigenen Erfahrungen gewandelt hat:

> „Ich glaube schon, dass das auch meine Konzeption, später als Lehrerin Unterricht zu gestalten, also [das Seminar, Anm. d. Verf.] wird definitiv Einfluss darauf haben. Und das find ich krass, ich bin mal gerade im dritten Semester und ich weiß jetzt schon, dass es mich, bis ich Lehrerin bin, verfolgen wird. Das ist richtig krass. Und auch dadurch, dass wir das jetzt auch selber machen konnten. Habe ich ja gesagt, ich habe das ja eigentlich gar nicht so geglaubt, wie ihr das halt so gesagt habt. Und jetzt habe ich das echt richtig selber gemerkt, echt krass. Hätte ich niemals gedacht, dass das wirklich so extrem ist und dass es so viele falsche Schülervorstellungen gibt. Weil man eigentlich davon ausgeht, ihr seid Oberstufe, ihr müsst das doch können [...].“ (Studentin, Bachelor, Interview)

Ein Student des Staatsexamen-Studiengangs gab im Interview recht freimütig zu, dass auch er den im Seminar vorgestellten Forschungsergebnissen misstraut habe. Er bezweifelte zwar nicht die Ergebnisse, ging aber von einer selektiven Auswahl der Probanden aus. Auch für diesen Studenten stellte das unmittelbare Erleben von Vorstellungen die Voraussetzung dar, Inhalte des Seminars als glaubwürdig zu akzeptieren.

> „Ich habe, als ich die ersten Folien gesehen habe, gedacht, das kann doch nicht sein. Ich als Schüler, ich hätte das alles richtig gemacht und meine Freunde sowieso, und die waren ja noch viel klüger als ich. Und man glaubt nicht daran. Man denkt so, okay, die haben sich natürlich dann auch die Rütli-Schule ausgesucht dafür. [...] Man glaubt da einfach nicht dran. Wenn man so etwas aber selber gemacht hat, selber vor den Schülern stand und selber diesen Fragebogen entworfen hat und den selber vor allem ausgewertet hat. Und du weißt, da ist nichts dazwischen, dass da irgendwie ein Mainzelmännchen dazwischen war und gesagt: „Hey, jetzt mache ich das mal ein bisschen interessanter." Sondern das ist wirklich. Es ist kein Versprecher, es ist kein, „jetzt wollten wir den einmal ärgern“, sondern definitiv diese Aussage: Da sind definitiv Fehlvorstellungen! Ich hätte es nicht geglaubt. Hätte ich es nicht selber gemacht.“ (Student, StEx, Interview)

Bemerkenswert war außerdem, dass nicht nur unmittelbare Erfahrungen als wichtige Erkenntnisse aus dem Seminar genannt wurden, sondern scheinbar auch während der Präsentation im Plenum vorgestellte Forschungsergebnisse anderer Studierendengruppen im Seminar Denkprozesse anstießen. Die folgende Aussage entstammt dem Portfolio eines Studenten, der sich selbst für die Erprobung der „choice2learn“-Aufgaben entschieden hatte.

„Bei den Ergebnissen zur Vorbereitung auf die Mittelstufe[23] war ich allerdings erstaunt, dass selbst bei Familie und Freunden, bei "simplen" Fragen zur Massenerhaltung, so unterschiedliche Ergebnisse zustande gekommen sind.“ (Student, Portfolio, StEx)

Obwohl er selbst ein anderes Forschungsprojekt durchgeführt hat, scheinen ihm die Ergebnisse der Studierenden, die Freunde und Verwandte befragt haben, in Erinnerung geblieben zu sein. Diese Aussage belegt die Bedeutung der Präsentationsphase.

3. Evaluation/Bewertung des Seminars

3.1 Wie bewerten die Studierenden das neue Seminarkonzept?

Die Rückmeldungen der meisten Studierenden zu dem erprobten Seminarkonzept waren größtenteils positiv, wie die folgenden Beispiele zeigen:

„Als Fazit möchte ich festhalten, dass mir dieses Seminar für meinen persönlichen Lernprozess sehr viel gebracht hat und ich mich darauf freue, mich in Zukunft näher mit diesem Thema auseinander zu setzen.“ (Studentin, StEx, Portfolio)

„Abschließend möchte ich sagen, dass mir das Seminar im Ganzen gut gefallen hat. Ich habe einiges dazu gelernt und es hat mich für Schwierigkeiten meiner Schülerinnen und Schüler im Chemieunterricht sensibilisiert. Ich denke, dass ich nun deutlich besser darauf vorbereitet bin als vorher und mir rechtzeitig Strategien entwickeln kann, um Schülerfehlvorstellungen vorzubeugen. Auch das Projekt „choice2learn“ und Forschendes Lernen sind zwei Projekte/Methoden, die ich sehr interessant und lehrreich finde und ich freue mich, dass ich in diesem Seminar etwas darüber erfahren konnte und zum Teil anwenden durfte.“ (Studentin, StEx, Portfolio)

Da die Rückmeldungen nicht anonymisiert erhoben wurden, muss mit sozial erwünschten Verzerrungen der Antworten gerechnet werden. Für die Evaluation interessierten vor allem solche Aussagen, in denen die Studierenden äußerten, was genau ihnen gefallen hatte. Besonders häufig wurde hier die Praxisphase genannt, wie beispielsweise in den beiden folgend zitierten Portfolios:

„Zudem hat die Praxisphase, in der ich selbst einmal forschend tätig werden konnte, meine Erwartungen in Bezug auf den praktischen Anteil des Seminars noch übertroffen. Hierbei hat mir auch gefallen, dass uns die Möglichkeit geboten wurde, unsere Ergebnisse anschließend auch präsentieren zu dürfen.“ (Student, StEx, Portfolio)

„Allgemein fand ich das Seminar sehr gelungen, vor allem weil es Theorie und Praxis verbindet. Es gibt auch Bücher über die Fehlvorstellungen, aber es gibt wenige Möglichkeiten, sich selbst für die Fehlvorstellungen der Schüler zu sensibilisieren. Vielen erscheinen die geschilderten Fehlvorstellungen als übertrieben, nur als man selbst sich damit beschäftigt hatte und mit den Schülern gearbeitet hatte, sieht man die Wichtigkeit dieses Themas für den

[23] Da Familien und Freunde nur in der Gruppe befragt wurden, die Interviews geführt haben, muss sich die Aussage, er beziehe sich auf die „Vorbereitung auf die Mittelstufe“, um eine Verwechslung des Studenten handeln.

> Unterricht. Auch die richtigen Antworten müssen kritisch hinterfragt werden, um festzustellen, dass die SuS[24] nicht nur auswendig gelernt haben, sondern die naturwissenschaftlichen Inhalte verinnerlicht haben. Allerdings würde ich mir in solchem Seminar wünschen, dass auch verschiedene Methoden zu der Korrektur der Fehlvorstellungen ausführlicher behandelt werden." (Studentin, StEx, Portfolio)

Außerdem äußerten sich viele Studierende positiv über ihren Lernerfolg bezüglich ihrer Kenntnisse und Fähigkeiten im Kontext Schülervorstellungen wie z. B. diese Studentin:

> „Ich habe auf jeden Fall das Gefühl, dass mir die Arbeit im Seminar weitergeholfen hat. Ich habe jetzt viel mehr Einsicht in die Gedanken von Schülern und konnte zudem das neu Erlernte in Form des erstellten Fragebogens anwenden. Man weiß jetzt, was man alles beachten muss." (Studentin, Bachelor, Portfolio)

> „Zu Beginn des Seminars war mir nicht bewusst, wie wichtig die Schülervorstellung für den täglichen Schulalltag ist. Ich nehme aus dem Seminar mit, dass ich mich als Lehrerin intensiv mit der Vorstellung der Schüler/innen auseinandersetzten und diese überwachen muss." (Studentin, Bachelor, Portfolio)

Die Vielzahl positiver Rückmeldungen durch die Studierenden bestärkte alle in dieses Projekt eingebundenen Personen darin, den eingeschlagenen Weg fortzusetzen und die Veranstaltung weiter zu entwickeln.

3.2 Welche Verbesserungen des Seminarkonzepts werden durch die Evaluation des ersten Mesozyklus nahegelegt?

Neben vielen positiven Rückmeldungen haben die Studierenden auch an einigen Punkten Kritik geäußert. Diese war für die Weiterentwicklung der Veranstaltung besonders hilfreich und wurde gerne angenommen.

Einige Kritikpunkte betrafen organisatorische Aspekte wie z. B. die verpflichtende Kombination der beiden Seminare oder Raumwechsel während zwei kombinierten Veranstaltungen. Diese meisten dieser Kritikpunkte resultierten aus konkreten Bedingungen (z. B. bauliche Voraussetzungen oder Prüfungsordnungen) an der Universität zu Köln. Sie wurden in Bezug auf die Veranstaltung an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster im nächsten Semester reflektiert, aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen konnten aber nur wenige direkte Schlüsse gezogen werden.

Im mündlichen Feedback kritisierten einige Studierenden die Ausführung der Portfolios als sehr aufwendig. Zwei Studierende erläuterten in ihren Portfolios etwas genauer, was sie an den Impulsfragen störte:

[24] SuS steht für Schülerinnen und Schüler.

„Zum Portfolio lässt sich sagen, dass das Erstellen zwar insgesamt ein vertieftes Arbeiten mit dem Thema und die Selbstreflexion ermöglichte, dennoch empfand ich es nach ungefähr der Hälfte als ständiges Wiederholen und „im Kreis drehen“ als dass es mir irgendwie weiterhalf. Vielleicht würde es in Zukunft besser sein, die Impulsfragen zu minimieren und zu konzentrieren (alle 2 Wochen) und die Arbeit daran mit den Folien zum Seminar verbinden, denn mit der Mehrheit der Folien ließen sich oftmals keine Aussagen zu den Impulsfragen machen.“ (Student, StEx, Portfolio)

„Mein Fazit ist also, das mir das Seminar gut gefallen hat und ich gerne zu dieser Veranstaltung hingegangen bin. Es war eine lockere Atmosphäre, in der man gut arbeiten und lernen konnte. Wenn ich Kritik anbringen würde, dann eher an der Anfertigung des Portfolios bzw. der Impulsfragen, die meiner Meinung nach ein sehr hohes repetitives Vermögen beinhaltet haben, sodass es einem auf die Nerven ging, sich denselben Fragen ständig erneut zu widmen. Nichtsdestotrotz: ein gutes Seminar! *Thumbs Up*.“ (Student, StEx, Portfolio)

Da die ausführlichen Portfolios einen – unbenoteten – Teil des Leistungsnachweises bildeten, war der Aufwand aus der Perspektive der Dozentinnen gerechtfertigt, die Kritik bezüglich der Wiederholung einzelner Fragen wurde sehr ernst genommen und die Impulsfragen dies bezüglich überarbeitet.

In einigen Interviews und Portfolios kristallisierte sich ein weiteres Problem heraus, das in der Weiterentwicklung des Seminars gelöst werden musste. Einige Studierende äußerten, dass sie sich zwar gut auf die Problematik Schülervorstellungen und ihre Diagnose vorbereitet fühlten, sich aber eine Intensivierung der Beschäftigung mit Umgangsweisen im Kontext Schülervorstellungen wünschten. Folgend werden drei Beispiele zitiert:

„Etwas zu kurz gekommen sind mir Ratschläge oder theoretische Ansätze in Bezug auf die Korrektur fachlich falscher Schülervorstellungen. Denn ich denke, allein mit der Diagnose kann man diesem unterrichtlichen Problem kaum begegnen. Natürlich stellt gerade „choice2learn“ ein gutes Konzept zum Umgang mit den Schülervorstellungen dar. Dieses ist aber kaum auf jede Vorstellung im alltäglichen Schulablauf anzuwenden.“ (Studentin, StEx, Portfolio)

„Was ich mir allerdings gewünscht hätte, wäre neben dem Verdampfungsprozess noch andere Schülervorstellungen [...] zu besprechen. Und auch Methoden [...] was man vielleicht machen kann, um diese zu beseitigen. Weil mich hat das schon sehr erschrocken. Das war glaube ich die zweite Seminarstunde, dass es so viele Möglichkeiten gibt, falsche Vorstellungen bei Schülern hervorzurufen, das hätte ich nie gedacht. (lacht)“ (Studentin, StEx, Portfolio)

„Leider kamen die Problemlösestrategien, die ich erwartet hatte, etwas zu kurz, da wir uns im Seminar und auch im Praxisteil primär auf das Erkennen und den Ursprung der Schülervorstellungen konzentriert haben.“ (Student, StEx, Portfolio)

Diesem Thema hatte das Seminar zwei Doppelstunden eingeräumt, welche sich intensiv mit dem theoretischen Hintergrund sowie der Konzeption und Durchführung des Forschungsprojektes „choice2learn“ beschäftigten. Obwohl diese Stunden

viele wesentliche theoretischen Inhalte und auch Anwendungsbeispiele für den Umgang mit Schülervorstellungen enthielten, reichte dies offenbar nicht aus.

4.1.3.3 Aus der Evaluation abgeleitete Änderungen für folgende Mesozyklen

Die Erfahrungen und Evaluation des ersten Mesozyklus legten einige Änderungen für die Weiterentwicklung des Seminars nah.

4.1.3.3.1 Änderungen bezüglich des Schwerpunktinhalts Schülervorstellungen

Die Evaluation lieferte Hinweise, dass die Vermittlung von Kenntnissen über Schülervorstellungen, ihre Ursachen und Möglichkeiten, Schülervorstellungen zu erkennen, für viele Studierende erfolgreich war. Ein Großteil der erarbeiteten Materialien konnte daher an die Lerngruppe des zweiten Mesozyklus angepasst und wiederverwendet werden. Die Thematik „Umgangsweisen mit Schülervorstellungen“ sollte im zweiten Mesozyklus intensiviert werden.

4.1.3.3.2 Änderungen bezüglich Forschendem Lernens

Eines der Ziele des Forschungsprojektes bestand darin, Forschendes Lernen in Schule und Hochschule nicht nur als theoretischen Inhalt des Seminars zu vermitteln, sondern den Studierenden Gelegenheit zu bieten, dieses hochschuldidaktische Konzept selbst im Lehr-Lern-Labor zu erleben und über Chancen und Risiken für den Einsatz in Schule und Hochschule zu reflektierten. Die Evaluation des ersten Mesozyklus zeigte, dass zwar die meisten Studierenden ihre Kenntnisse und Vorstellungen zu Forschendem Lernen in der Schule erweiterten, ein umfassendes Verständnis der Methode und daraus folgende Kenntnisse und Fertigkeiten, die die Studierenden zu einem sinnvollen Einsatz im Unterricht befähigten, konnten aber nicht bei allen Studierenden erreicht werden. Um dies zu gewährleisten, hätte vermutlich ein größerer Anteil der zur Verfügung stehenden Zeit für dieses Thema investiert werden müssen. Da die Evaluation des Seminars aber auch Bedarf in der Beschäftigung mit Umgangsweisen mit Schülervorstellungen offenlegte (vgl. 4.1.3.2 Ergebnisse der Evaluation der Pilotierung), und es nicht möglich war, beide Themen im zweiten Mesozyklus zu intensivieren, wurde die Zielsetzung im zweiten Mesozyklus verändert. Forschendes Lernen bildete weiterhin das Lehr-Lernkonzept der Veranstaltung und wurde in Form einer Anpassung des Modells nach Wildt an die Bedürfnisse des Seminars (Abschnitt 4.2.2.2) stärker theoretisch fundiert, als Lerninhalt trat es aber im zweiten Mesozyklus in den Hintergrund.

4.1.3.3.3 Änderungen bezüglich des Reflexionsinstrumentes Portfolio

Im ersten Mesozyklus hatten die Studierenden u. a. aufgrund unterschiedlicher formaler Anforderungen der Studienordnungen teilweise sehr unterschiedliche Leistungs- und Teilnahmenachweise angefertigt. Den Studierenden, die ein Portfolio erstellten, war die konkrete Ausgestaltung des Portfolios freigestellt. Die Studierenden konnten ihr Portfolio entweder frei auf Grundlage des Seminars entwickeln oder sich an Impulsfragen orientieren. Dieser Arbeitsauftrag wurde zwar der primären Funktion des Portfolios, als Reflexionsinstrument für die Studierenden zu wirken, gerecht, er erschwerte aber eine systematische Auswertung. Um die Portfolios sinnvoll in die Evaluation der Veranstaltung einbringen zu können, wurde daher im zweiten Mesozyklus die Aufgabenstellung insofern verändert, als dass sich alle Studierenden an vorgegebenen Impulsfragen orientieren sollten.

4.1.3.3.4 Änderung bezüglich der Ausgestaltung der Praxisphasen

Die Evaluation des ersten Mesozyklus zeigte die Bedeutung der Praxisphase für den Lernerfolg der Studierenden und das Erreichen der Ziele der Seminareinheit. Besonders die beiden Formen der Praxisphase, in denen die Studierenden sich umfassend mit der Entwicklung und Durchführung eines Projektes (Unterrichtsstunde oder Fragebogen/Interview) befassten, führten zu besonderen Lernerfolgen. Für den nächsten Mesozyklus wurde daher entschieden, beide Formen der praktischen Tätigkeit in das Seminar für alle Studierenden zu integrieren. Die Unterrichtskonzeption „choice2learn“ und exemplarisches Material sollte auch im nächsten Mesozyklus vorgestellt, erprobt und anhand von Forschungsvideos präsentiert werden. Die Studierenden durften auch auf diese Materialien zurückgreifen. Auf eine Praxisphase, die die Auswertung dieser Materialien in den Fokus nahm, sollte aber verzichtet werden.

4.2 Zweiter und dritter Mesozyklus – Hauptstudie

Die Hauptstudie wurde im Rahmen der Chemielehrerausbildung an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster durchgeführt. Sie umfasste zwei chemiedidaktische Seminare, die in zwei aufeinander folgenden Semestern angeboten wurden. Nachdem im ersten Durchgang an der Universität zu Köln erste Erfahrungen mit der Durchführung der Veranstaltung „Stolpersteine im Chemieunterricht“ gesammelt und Evaluationsinstrumente entwickelt werden konnten, wurde auf Grundlage der deskriptiven Evaluation und Reflexion der Pilotierung ein an die Rahmenbedingungen der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster angepasstes Veranstaltungsdesign entwickelt und erprobt. Die erste Erprobung des Designs im Sommersemester 2013 erwies sich in einer unmittelbar an die erste Veranstaltung angeschlossenen Evaluation als vielversprechend. Um diese ersten Evaluationsergebnisse zu bestätigen, wurde das Design des Seminars im folgenden Wintersemester 2013/14 im Wesentlichen unverändert übernommen.

4.2.1 Analyse und Vorbereitung

In der Vorbereitung der zweiten Durchführung des Seminars konnte auf Erfahrungen und die exemplarische Auswertung der Pilotierung zurückgegriffen werden. Aufgrund einer Verlagerung des Projektes von der Universität zu Köln an die Westfälische Wilhelms-Universität Münster veränderten sich allerdings einige Versuchsbedingungen. Da die Veranstaltungen im Sommersemester 2013 und im Wintersemester 2013/14 auf der Grundlage der Studienordnungen der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster durchgeführt wurden, veränderte sich nicht nur die Dauer der Veranstaltung, sondern auch die Alters- und Ausbildungsstruktur der Studierenden und die zu erbringenden Leistungsnachweise. Die ursprünglichen Forschungsfragen des Projektes (Abschnitt 3.1) konnten aber auch unter den veränderten Bedingungen unverändert weitergeführt werden.

4.2.1.1 Problem- bzw. Fragestellungstellung für die Hauptstudie

Wie im ersten Mesozyklus bestand in der Vorbereitung des zweiten und des dritten Mesozyklus die Herausforderung, eine Intervention zu entwerfen, die Studierende nicht nur für die Bedeutung von Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht sensibilisiert und ihnen Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit Schülervorstellungen vermittelt, sondern sie auch zur Reflexion ihrer Subjektiven Theorien bezüglich Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen anregt. Im Gegensatz zum ersten Durchgang konnte nun auf die Erfahrungen und

Analysen aus dem bzw. den jeweils vorangegangenen Mesozyklen zurückgegriffen werden. Das im ersten Mesozyklus zusätzlich in den Blick genommene Forschende Lernen in Schule und Hochschule rückte – als Folge der Evaluation – im zweiten Mesozyklus aus dem Fokus. Als Methode blieb das Forschende Lernen im Lehr-Lern-Labor bestehen, die Vermittlung des Themas Forschendes Lernen in Schule und Hochschule als Seminarinhalt wurde aber zugunsten einer intensiveren Auseinandersetzung mit dem Thema Umgangsweisen mit Schülervorstellungen reduziert. Über die Konzipierung des Seminars hinaus sollte durch Einsatz und Weiterentwicklung der Evaluationsinstrumente nach Abschluss der „Hauptstudie“ eine Aussage darüber getroffen werden, ob sich das entworfene Seminarkonzept dazu eignete, die formulierte Zielsetzungen (Abschnitt 4.2.1.2) zu erreichen.

4.2.1.2 Zielformulierung für die Hauptstudie

Im zweiten und dritten Mesozyklus, die zusammen die Hauptstudie bildeten, wurden ähnliche Ziele angestrebt wie bereits während der Pilotierung, allerdings verschoben sich die Schwerpunkte dieser Ziele von der Konzipierung zur Durchführung und Evaluation der Intervention. Das Seminar, das als zu evaluierende Intervention durchgeführt wurde, sollte Studierende an die Thematik Schülervorstellungen heranführen, sie für dieses Thema sensibilisieren, ihnen Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit Schülervorstellungen vermitteln und sie zur Reflexion ihrer Subjektiven Theorien bezüglich Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen anregen. Das Forschende Lernen, das in der Pilotierung im Sinne eines didaktischen Doppeldeckers eingesetzt wurde, bildete weiterhin den methodischen Rahmen für die Ausgestaltung des Lehr-Lern-Labors, wurde aber im Sinne einer didaktischen Reduktion auf das Thema Schülervorstellungen als Unterrichtsthema nur noch reduziert dargestellt.

Aufgrund der realen Bildungssituation, in der dieses Forschungsprojekt durchgeführt wurde, war es nicht möglich, aber auch nicht intendiert, eine Intervention zu schaffen, die in mehreren aufeinanderfolgenden Seminaren identisch durchgeführt wurde. Um den Interessen und Bedürfnissen der Seminarteilnehmer gerecht zu werden, bedurfte es einer kontinuierlichen Weiterentwicklung und Anpassung des Seminars. Beide Seminare enthielten aber inhaltliche und methodische Grundpfeiler, die, wie im Folgenden beschrieben, die Evaluation beider Veranstaltungen mit den gleichen Evaluationsinstrumenten ermöglichten.

Die Evaluation der Seminare stellte das zweite wesentliche Ziel der Hauptstudie dar. Sie sollte Hinweise darauf zulassen, ob die intendierten Ziele durch die Intervention

erreicht werden konnten. Für eine sinnvolle Evaluation mussten die im ersten Mesozyklus entworfenen und erprobten Evaluationsinstrumente überarbeitet und an die veränderten Bedingungen des Seminars angepasst werden.
Die folgenden Fragen, die – orientiert an der Zielformulierung des ersten Mesozyklus – drei Kategorien zugeordnet sind, wurden u. a. aus dem Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen (Abschnitt 3.3) abgeleitet. Sie sollten durch den Einsatz der Evaluationsinstrumente beantwortet werden.

1. Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kontext von Schülervorstellungen

1.1 Inwiefern verändert das Seminar Kenntnisse der Studierenden über Beispiele und Ursachen von Schülervorstellungen?

1.2 Inwiefern verändert das Seminar Kenntnisse der Studierenden über Diagnoseinstrumente und Fähigkeiten diese anzuwenden?

1.3 Inwiefern verändert das Seminar Kenntnisse der Studierenden über Umgangsweisen mit Schülervorstellungen und Fähigkeiten diese anzuwenden?

2. Subjektive Theorien zu Ursachen von und Umgangsweisen mit Schülervorstellungen

2.1 Inwiefern verändert das Seminar Subjektive Theorien der Studierenden zu Ursachen von Schülervorstellungen?

2.2 Inwiefern verändert das Seminar Subjektive Theorien der Studierenden zu Umgangsweisen mit Schülervorstellungen?

3. Bewertung ausgewählter Inhalte und des Seminars allgemein

3.1 Inwiefern verändert das Seminar die Wahrnehmung und Bewertung des Themas „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“?

3.2 Wie bewerten die Studierenden den Einsatz von Videografie nach dem Seminar?

3.3 Wie bewerten die Studierenden das Seminarkonzept?

3.4 Welche Verbesserungen des Seminarkonzepts werden durch die Evaluation der Hauptstudie (besonders des dritten Mesozyklus) nahegelegt?

4.2.1.3 Rahmenbedingungen

Aufgrund eines Umzugs des Arbeitskreises von Frau Prof. Marohn von der Universität zu Köln an die Westfälische Wilhelms-Universität Münster nach dem Wintersemester 2012/13 konnte das beschriebene Forschungsprojekt in den folgenden

Semestern (Sommersemester 2013 und Wintersemester 2013/14) nicht mehr unter den Bedingungen der Pilotierung durchgeführt werden. Das Seminarkonzept wurde als reguläre Veranstaltung in die Chemielehrerausbildung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster integriert. Wie schon während der Pilotierung ergab sich die Zusammensetzung der Teilnehmer aus der Wahl der Studierenden, die sich für diese Veranstaltung einschrieben. Eine Beeinflussung oder Selektion der Studierenden wurde nicht vorgenommen. Die Studierenden strebten unterschiedliche, an der Westfälischen Wilhelms-Universität angebotene Abschlüsse an, u. a. Bachelor of Education, Master of Education und Master of Science, die sie zum Unterrichten in allen Schulformen von der Grundschule bis zum Berufskolleg berechtigen sollten.
Schon die Vielzahl der Studiengänge, die die Teilnehmer der Intervention belegten, kann als Indikator für ein hohes Maß an Heterogenität innerhalb der Lerngruppen angesehen werden. Auch in den beiden Seminaren der Hauptstudie war es nicht möglich, alle Faktoren, die Lern- und Reflexionsprozesse von Studierenden beeinflussen können, zu erheben. Es wurden wieder die Variablen erhoben, für die ein unmittelbarer Einfluss auf den Lern- und Reflexionsprozess der Studierenden im Verlauf des Seminars antizipiert wurde. Aufgrund der Diversität der Voraussetzungen der Studierenden, die im gewählten Untersuchungsdesign nicht durch eine Auswahl der Studienteilnehmer reduziert wird, wurde eine ausführliche Beschreibung der Voraussetzungen notwendig. Die Ergebnisse der Erhebung von demografischen Daten, Selbsteinschätzungen der Noten im Fach Chemie und Chemiedidaktik sowie anderen Faktoren, die einen Einfluss auf den Lern- und Reflexionsprozess der Studierenden im Verlauf des Seminars haben könnten, werden folgend dargestellt.

4.2.1.3.1 Studierende des Bachelorstudiengangs im Sommersemester 2013

Die folgenden Abschnitte stellen Informationen über die Studierenden des Bachelor-Studiengangs im Sommersemester 2013 dar.

4.2.1.3.1.1 Demografische und ausbildungsrelevante Daten (Sommersemester 2013)

An dem Seminar nahmen 26 Studierende (11 Männer/15 Frauen im Alter von 21 bis 27 Jahren) teil. Die meisten Studierenden belegten entweder den Masterstudiengang „Master of Education“ für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen (Gym/Ges) oder für das Lehramt an Haupt-, Real- und Gesamtschulen (HRGe). Acht Studierende, die sich in den letzten Semestern der entsprechenden Bachelor-Studiengänge befanden, nahmen ebenfalls an der Veranstaltung teil.

4.2.1.3.1.2 Vorwissen in der Fachdidaktik und in der Fachwissenschaft Chemie

Auf die Frage, wie die Studierenden ihr fachdidaktisches und ihr fachwissenschaftliches Vorwissen (auf einer Notenskala von 1 bis 6) einschätzten, ergab sich die in Abbildung 8 dargestellte Verteilung.

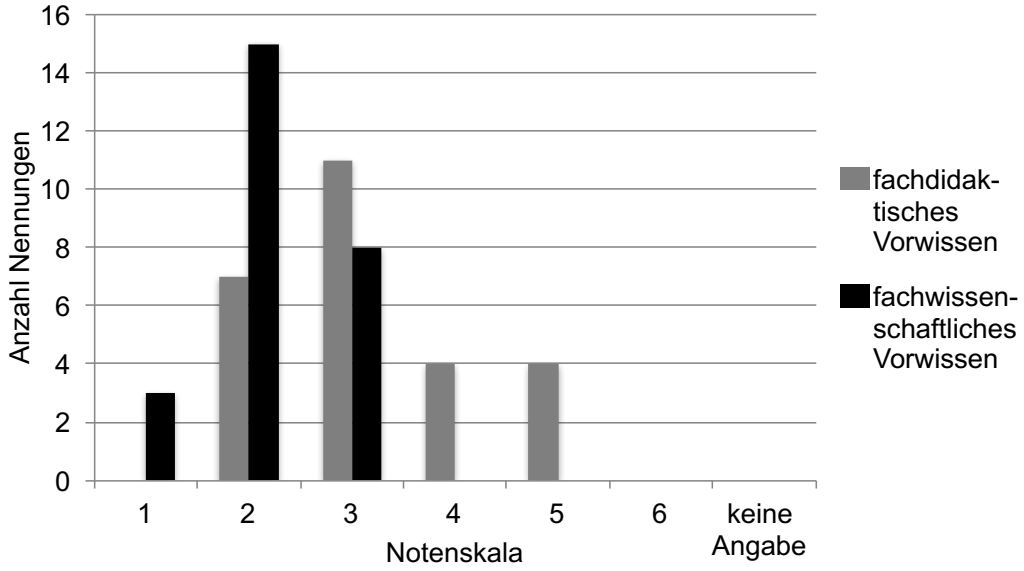


Abbildung 8: Selbsteinschätzung des fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Vorwissens der Studierenden im Sommersemester 2013

Die Studierenden des Sommersemesters 2013 bewerteten ihre fachwissenschaftlichen Fähigkeiten deutlich besser als ihre fachdidaktischen Fähigkeiten. Ca. 70 % der Studierenden bewerteten ihre fachwissenschaftlichen Leistungen mit einer guten oder sehr guten Note. Nur 26 % schätzten ihre fachdidaktischen Leistungen ebenso positiv ein. Entsprechend bewerteten über 70 % der Studierenden ihr fachdidaktisches Vorwissen als befriedigend oder schlechter. Die positivere Bewertung der fachwissenschaftlichen Leistungen ist vermutlich dadurch zu erklären, dass die Studierenden für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen während ihres Bachelor-Studiums regulär überwiegend fachwissenschaftliche Veranstaltungen absolvierten. Das Bestehen der Prüfungen zum Bachelor bestätigte ihnen Lernerfolge in der Fachwissenschaft Chemie. Aufgrund des Studienplans dieser Studierenden, der keine fachdidaktischen Veranstaltungen im Bachelor-Studium („Bachelor of Science“) vorschrieb, konnten diese Studierenden auf weniger Vorerfahrungen aus anderen fachdidaktischen Veranstaltungen und positive Lernerfolge zurückblicken.

4.2.1.3.1.3 Vorwissen zu Schülervorstellungen im Sommersemester 2013

Von den Studierenden, die im Sommersemester 2013 an der Veranstaltung „Stolpersteine im Chemieunterricht“ teilnahmen, waren 18 Studierende bereits im Master-Studiengang immatrikuliert. Über 75 % der Studierenden gaben an, dass sie bereits in vorangegangenen Veranstaltungen des Instituts für Didaktik der Chemie Informationen über Schülervorstellungen im Unterricht erhalten hatten. Sie alle hatten mindestens eine Vorlesung und/oder ein Seminar besucht, in der dieses Thema in unterschiedlichem Umfang besprochen worden war. Ein Student war zwar noch nicht in der didaktischen Ausbildung, dafür aber in seinem bildungswissenschaftlichen Studium mit diesem Thema in Berührung gekommen, während 19 % der Studierenden (5 von 26) angaben, noch nichts über dieses Thema zu wissen.

4.2.1.3.2 Studierende des Bachelorstudiengangs im Wintersemester 2013/14

Die folgenden Abschnitte stellen Informationen über die Studierenden des Bachelor-Studiengangs im Wintersemester 2013/14 dar.

4.2.1.3.2.1 Demografische und ausbildungsrelevante Daten Wintersemester 2013/14

Im Wintersemester 2013/14 nahmen 11 Männer und 11 Frauen – also insgesamt 22 Studierende – an der Veranstaltung „Stolpersteine im Chemieunterricht“ teil. Sie waren zwischen 20 und 36 Jahren alt. 20 Studierende strebten einen Abschluss im Bachelor-Studiengang „Bachelor of Education“ für das Lehramt an Haupt-, Real- und Gesamtschulen (HRGe) an, während zwei Studierende in den „Master of Education“ für das Lehramt an Berufskollegs eingeschrieben waren.

4.2.1.3.2.2 Vorwissen in der Fachdidaktik und in der Fachwissenschaft Chemie

Auf die Frage, wie die Studierenden ihr fachdidaktisches und ihr fachwissenschaftliches Vorwissen (auf einer Notenskala von 1 bis 6) einschätzten, ergab sich die in Abbildung 9 dargestellte Verteilung.

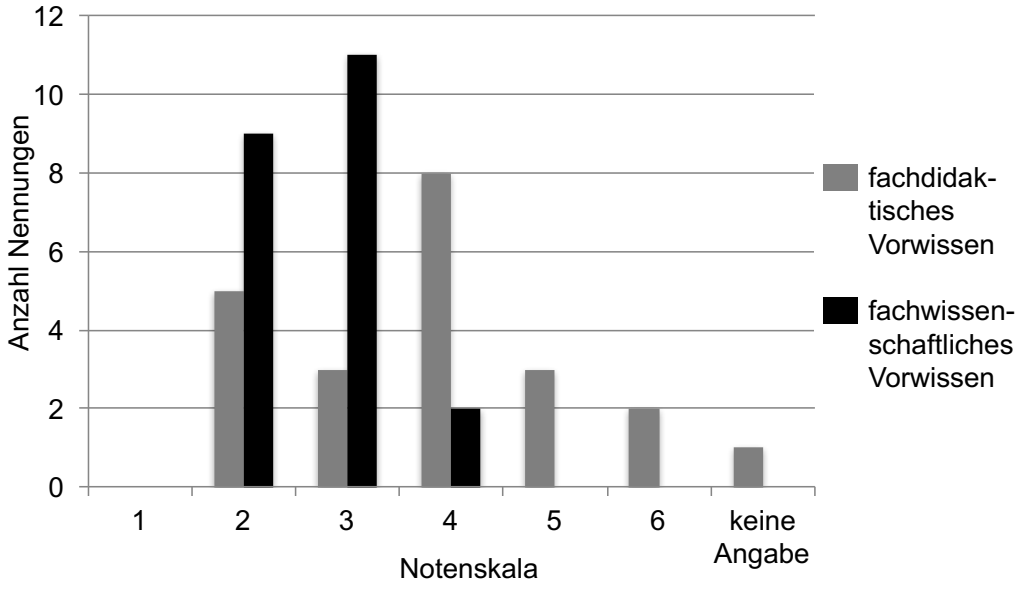


Abbildung 9: Selbsteinschätzung des fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Vorwissens der Studierenden im Wintersemester 2013/14

Bei den Studierenden des Bachelor-Studiengangs im Wintersemester bot sich eine etwas andere Verteilung als im vorausgegangenen Sommersemester. Kein Studierender dieser Lerngruppe schätzte sein Vorwissen als sehr gut ein. Ihre fachwissenschaftlichen Fähigkeiten beurteilten die meisten Studierenden als gut oder befriedigend. 36 % der Studierenden benoteten ihr fachdidaktisches Wissen im guten oder befriedigenden Bereich, ebenso viele Lernende empfanden ihr fachdidaktisches Wissen als ausreichend. 23 % der Befragten schätzten ihr fachdidaktisches Wissen als nicht ausreichend ein. Die verhältnismäßig schlechten Einschätzungen des fachdidaktischen Wissens der Studierenden sind vermutlich darauf zurückzuführen, dass viele Studierende noch keine oder nur wenige fachdidaktische Veranstaltungen innerhalb ihres Studiums besucht hatten. Insofern unterscheidet sich diese Lerngruppe bezüglich der fachdidaktischen Voraussetzungen nur geringfügig von der Lerngruppe im Sommersemester 2013.

4.2.1.3.2.3 Vorwissen zu Schülervorstellungen im Wintersemester 2013/14

Von den Studierenden, die im Wintersemester 2013/14 am Seminar teilnahmen, gaben 36 % an, im Verlauf ihrer chemiedidaktischen Ausbildung bereits mit der Thematik Schülervorstellungen in Kontakt gekommen zu sein. 27 % der Teilnehmer waren mit diesem Thema zwar noch nicht in der chemiedidaktischen, dafür aber in der Ausbildung ihres zweiten Studienfaches (Physik, Mathematik und Bautechnik), in Berührung gekommen. 36 % der Studierenden brachten keine Vorkenntnisse mit.

4.2.1.3.2.4 Vorwissen bezüglich Portfolioarbeit (Sommersemester 2013 und Wintersemester 2013/14)

In beiden Semestern äußerten einzelne Studierende, dass sie bereits in anderen Veranstaltungen, u. a. der Erziehungs- und Bildungswissenschaften, Erfahrungen mit Portfolios gesammelt hätten. Auf Nachfrage in der zweiten Seminarsitzung stellte sich heraus, dass sich die Formate dieser Portfolios z. T. recht stark voneinander unterschieden hatten.

Aus Gesprächen mit den Studierenden des ersten Durchgangs, die vor Beginn des Seminars noch keine Erfahrung mit der Methode Portfolio gesammelt hatten, erfuhren die Leiterinnen des Seminars, dass diese Studierenden zwar gut mit der Beantwortung der ausgegebenen Impulsfragen zurechtgekommen waren, die offeneren Phasen der Portfolioarbeit, in denen keine konkreten Impulsfragen ausgegeben wurden, aber als schwieriger empfunden hatten und sich auch in diesen Phasen mehr Anleitung für das Verfassen des Portfolios gewünscht hätten.

Aufgrund der relativ niedrigen Vorerfahrungsrate und der innerhalb der Studierenden, die bereits Erfahrungen mit der Portfolioarbeit gesammelt hatten, ausgeprägten Heterogenität der Vorerfahrungen in beiden Kohorten der Hauptstudie, wurde die Anleitung der Portfolioarbeit verstärkt. In beiden Semestern erhielten die Studierenden zu jeder Seminarstunde Impulsfragen, die ihnen beim Verfassen ihres Portfolios Orientierung geben sollten. Außerdem erhielten die Studierenden einen umfassenderen Einführungsvortrag in die Thematik. Das Portfolio wurde in beiden Semestern als unbenotete Studienleistung eingesetzt, wobei als Voraussetzung für den erfolgreichen Abschluss der Veranstaltung lediglich die Anfertigung eines Portfolios gefordert wurde. Nach der zweiten Seminarstunde wurden die Studierenden dazu aufgefordert, exemplarisch ihre Antworten auf die Impulsfragen dieser Sitzung an die Dozentin abzugeben. Diese gab eine Rückmeldung, ob der Umfang der Beantwortung für den Scheinerwerb ausreichte. Eine inhaltliche Bewertung erfolgte auch hier nicht.

Allen Studierenden wurde zusätzlich die Möglichkeit gegeben, auch unabhängig von den Impulsfragen ein Portfolio zu erstellen, das ebenso als Leistungsnachweis akzeptiert worden wäre. Diese Möglichkeit wurde von keinem der Studierenden gewählt. Aus Perspektive der Forschenden betrachtet war dies von Vorteil, da die Beantwortung vorgegebener Impulsfragen die Auswertung während der Evaluation im Vergleich zu frei formulierten Portfolios erleichterte.

Die Darstellung des Vorwissens zeigt, dass die Studierenden, die gemeinsam an einem Seminar teilnehmen, z. T. sehr unterschiedliche Voraussetzungen mitbringen. Die Veranstaltung wurde von sehr unterschiedlichen Studierenden besucht, obwohl sie im Vorlesungsverzeichnis in zwei aufeinander folgenden Semestern in ähnlicher Weise beschrieben wurde. Mögliche Gründe dafür sind Empfehlungen in Bezug auf Stundenpläne oder andere Veranstaltungen.

4.2.2 Konstruktion und Durchführung

Wie in der vorangegangenen Durchführung des Seminars im Wintersemester 2012/13 an der Universität zu Köln sollte sich der zu vermittelnde Inhalt des Seminars auf Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie die Reflexion über Subjektive Theorien im Kontext Schülervorstellungen im Chemieunterricht beziehen. Als Ergebnis der Evaluation des ersten Durchgangs und aufgrund der geänderten Rahmenbedingungen wurde aber die Form des Forschenden Lernens verändert. Im ersten Durchgang erhielten die Studierenden die Aufgabe, ein Forschungsprojekt zu entwickeln. Ziel ihrer Forschung sollte entweder sein, Schülervorstellungen und/oder deren Ursachen zu diagnostizieren oder Umgangsweisen mit Schülervorstellungen zu erproben und zu evaluieren. Die Perspektive der Studierenden war dabei teilweise die eines Forschers in der Fachdidaktik, der Erkenntnisse über Schülervorstellungen, deren Ursachen und Umgangsweisen mit ihnen erforscht.
Im zweiten und dritten Durchgang des Seminars sollten die Studierenden nicht forschen wie didaktische Forscher. Sie nahmen stärker die Perspektive von Lehrenden ein, die Schülervorstellungen innerhalb einer Klasse erforschten und Strategien entwickelten, die Schüler beim Erkennen und Verändern ihrer individuellen Vorstellungen halfen. Indem sie eine Unterrichtsstunde zu Diagnose und zum Umgang mit einer oder mehreren Schülervorstellungen entwickelten, durchführten und evaluierten, erforschten sie ihr Handeln mit Schülern, das an Unterricht angelehnt war. Aufgrund der Verknüpfung von Forschendem Lernen und Lehrerhandeln erfuhren die Studierenden den Lehrberuf als forschende Tätigkeit. Das Seminar orientierte sich an den drei didaktischen Prinzipien: Forschendes Lernen, Teilnehmerorientierung und Praxisorientierung. Das hochschuldidaktische Konzept des Forschenden Lernens bietet dabei viel Spielraum zur Förderung der anderen beiden Prinzipien. Der Einsatz des hochschuldidaktischen Konzepts Forschendes Lernen ermöglicht den Studierenden, Schlüsselkompetenzen zu erwerben, deren Ausbildung für angehende Lehrkräfte von herausragender Bedeutung ist. Zu diesen Schlüsselkompetenzen

zählen neben fachlich-inhaltlicher Handlungskompetenz, Sozialkompetenz, Methodenkompetenz und Selbstkompetenz (Didion und Wiemer 2009) auch die Fähigkeit zur Reflexion über das eigene Handeln, die angewandten Theorien und Methoden sowie die Umwelt, in die das Handeln eingebettet ist (Schneider und Wildt 2009). Die Studierenden sollen auf diese Weise Möglichkeiten für einen professionellen Umgang mit Schülervorstellungen erlernen und Handlungsoptionen entwickeln, die sie in ihrer Lehrtätigkeit anwenden können.

Die Strukturierung des Seminars erfolgte analog zum Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt (2009) (Abschnitt 3.4.3.4), dessen einzelne Phasen an die Fragestellungen und Zielformulierungen des Seminars angepasst wurden. Folgend wird zuerst die Übertragung der einzelnen Phasen des Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt auf die Intervention dargestellt (Abschnitte 4.2.2.1 und 4.2.2.2), bevor die Ausgestaltung der einzelnen Phasen in der konkreten Umsetzung des Seminars beschrieben wird (Abschnitt 4.2.2.3).

4.2.2.1 Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses als Grundlage für die Struktur des Seminars

Die Strukturierung des Seminars erfolgte analog zum Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt (2009). Dessen einzelne Phasen wurden an die Fragestellungen und Zielformulierungen des Seminars angepasst. Abbildung 10 zeigt den Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt, wobei die Phasen des Forschungszyklus größtenteils in unterschiedlichen Farben koloriert wurden. Drei Phasen des Learning Cycle wurden in derselben Farbe koloriert, um ihre enge inhaltliche Verknüpfung zu symbolisieren. Der hier eingesetzte Farbcode wird im Folgenden beibehalten und auf die Phasen des Seminars übertragen.

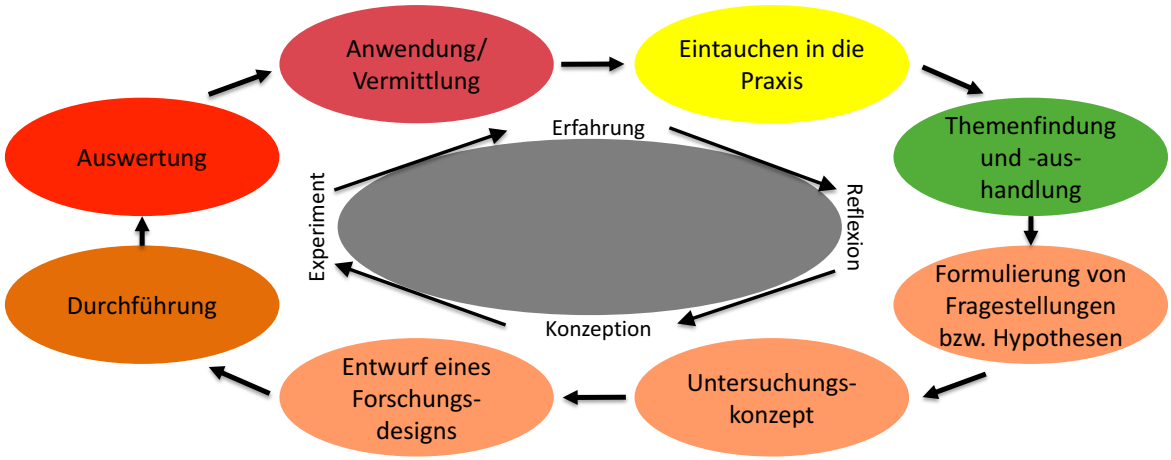


Abbildung 10: Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt

Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses stellt einen idealtypischen Verlauf empirischer sozial- bzw. bildungswissenschaftlicher Forschung dar (Abschnitt 3.4.3.4). Das zyklisch dargestellte, mehrfache Durchlaufen derselben oder einer sehr ähnlichen Forschungsfrage wäre unter den gegebenen Bedingungen eines Seminars in der universitären Lehrerausbildung nicht sinnvoll möglich. Aufgrund der institutionellen Vorgaben (z. B. durch die Studienordnungen, vorgegebene Semesterwochenstunden, die ein Seminar in Anspruch nehmen darf, oder die Dauer eines Semesters) wurden mehrfache Wiederholungen ausgeschlossen. Es entstand ein quasi-linearer Ablauf des Forschenden Lernens im Verlauf eines ein Semester umfassenden Seminars (vgl. Abbildung 11).
Den Studierenden gegenüber wurde die innere Logik des Seminars nicht als linearer Ablauf beschrieben, sondern als einmaliges Durchlaufen eines zyklischen Vorgangs, dessen Fortführung unter anderen Bedingungen möglich und sinnvoll wäre. Diese Annahme kann auch direkt auf Unterricht übertragen werden. Jede Unterrichtsstunde, die ein Lehrer das erste Mal unterrichtet, wird er auf Grundlage seines theoretischen Wissens sowie seiner praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten planen und durchführen. Im Anschluss an diese Unterrichtsstunde sollte er für sich evaluieren, welche Anteile seines Unterrichts er als gelungen bewertet und welche er in einer zukünftigen Unterrichtsstunde zu diesem Thema verändern würde. Unterrichtet er das gleiche Thema in einer anderen Klasse oder in einem anderen Schuljahr noch einmal, kann er auf seine Erfahrungen zurückgreifen und das Ergebnis seiner Überlegungen in die neue Unterrichtsplanung einbringen. Die Planung und Weiterentwicklung von Unterricht kann als eine informelle Form der Evaluation verstanden werden.

4.2.2.2 Anpassung des Modells von Wildt an die Bedürfnisse des Seminars

Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses wurde für Forschungstätigkeiten der empirischen Sozial- bzw. Bildungsforschung sehr allgemein formuliert. Für den Einsatz in diesem design-basierten Forschungsprojekt mussten die Phasen an die Fragestellung des Projektes angepasst werden. Der zu erforschende Inhalt sollte sich auf Schülervorstellungen im Chemieunterricht beziehen. Die Studierenden forschten nicht wie didaktische Forscher, sondern sie erforschten selbst entwickelte Unterrichtssequenzen und erfuhren den Lehrberuf auf diese Weise als forschende Tätigkeit. Daraus folgte, dass die Phasen des Forschenden Lernens auf die Planung, Durchführung und Auswertung einer Unterrichtsstunde übertragen werden mussten. Eingebettet wurde der für Unterricht typische Zyklus in eine vorgeschaltete

Phase der Theoretischen Fundierung und eine nachgeschaltete Präsentationsphase. Aufgrund der zeitlichen Beschränkung der Seminardauer auf ein Semester konnte jede Phase nur einmal durchlaufen werden (vgl. Abbildung 11). Wird Lehrerhandeln als forschende Tätigkeit empfunden und praktiziert, stünde einem erneuten Durchlaufen des Zyklus nichts entgegen bzw. wäre sogar wünschenswert.

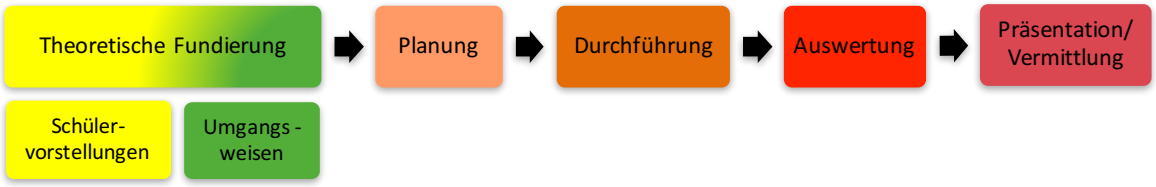


Abbildung 11: Schematische Darstellung des Seminarverlaufs analog zum Learning Cycle

Abbildung 11 stellt schematisch die vorgenommenen Anpassungen des Learning Cycle an die Bedingungen des Seminars dar. Die Studierenden sollten nach Schaffung gemeinsamer inhaltlicher Grundlagen während der Theoretischen Fundierung im Verlauf des Seminars eine Unterrichtsstunde planen, durchführen und auswerten, die sich mit der Diagnose und der Korrektur oder zumindest der Beschäftigung mit einer selbst gewählten Schülervorstellung auseinandersetzte. Zum Abschluss des Seminars wurden die Arbeitsergebnisse der Studierenden präsentiert.

Die beiden Phasen „Eintauchen in die Praxis“ und „Themenfindung und -aushandlung“ wurden zu einer übergreifenden Phase, der „Theoretischen Fundierung“ zusammengefasst, was an der zweifarbigen Darstellung dieser Phase zu erkennen ist (Abbildung 11). Ihre Inhalte wurden nicht ersetzt, sondern gingen in die umfassende Phase ein. Die Schaffung einer gemeinsamen theoretischen Basis war aus mehreren Gründen von entscheidender Bedeutung für das Gelingen des gesamten Projektes. Zum einen, um die Studierenden, die z. T. sehr unterschiedliche Voraussetzungen mitbrachten, auf einen gemeinsamen (Wissens-)Stand zu bringen, damit sie erfolgreich in Teams arbeiten konnten; zum anderen, um alle Studierenden auf das Durchlaufen des Forschungszyklus vorzubereiten.

Die drei der Themenfindung bei Wildt folgenden Phasen „Formulierung von Fragestellungen bzw. Hypothesen“, „Untersuchungskonzept“ und „Forschungsdesign“ wurden im Seminar zur Phase der „Planung“ zusammengefasst (vgl. auch Abschnitt 3.4.3.4).

Da es sich bei dem zu planenden Inhalt nicht um ein Forschungsprojekt im wissenschaftlichen Sinne handelt, sondern um eine Unterrichtsstunde, ist eine strikte Trennung dieser Phasen nicht nötig. Zwar postulierte Klafki für die Unterrichtsplanung

den „Vorrang von Zielentscheidungen“ (Bovet und Huwendiek 2014, S. 43; vgl. auch Grotlüschen 2005), der im Learning Cycle mit der „Formulierung der Fragestellung bzw. Hypothesen“ verglichen werden kann[25], eine enge Rückbindung der gewählten Medien und Methoden, des Untersuchungskonzepts und Forschungdesigns an die gewählte Fragestellung bzw. Hypothesen ist aber sowohl in der Unterrichtsplanung als auch in der Durchführung einer wissenschaftlichen Untersuchung elementar für das Gelingen. Da die Studierenden in der Regel noch nicht viel Erfahrung mit der Planung von Unterrichtsstunden hatten, stellte die Aufgabe, eine Unterrichtssequenz zur Diagnose und Korrektur einer selbst gewählten Schülervorstellung zu entwickeln, eine Herausforderung für sie dar. Die konkrete Hypothesenformulierung ergab sich häufig erst während der Planung der Unterrichtsstunde. Die Phasen „Durchführung“, „Auswertung“ und „Anwendung/Vermittlung“ (Abbildung 11) blieben namentlich unverändert und wurden mit den entsprechenden Inhalten gefüllt. In der letzten Phase lag der Schwerpunkt auf der Präsentation und Vermittlung der Erfahrungen und der durch Reflexion erlangten Erkenntnisse.
Der im Folgenden ausführlich beschriebene Verlauf der Phasen, die die vorgestellte Lehrveranstaltung durchlief, wird u. a. durch wissenschaftliche Erkenntnisse zu Veränderungen Subjektiver Theorien gestützt (vgl. Guskey 1985 und Dann 1994). Diese zeigen, dass Fort- und Weiterbildungen, die gezielt eine Veränderung Subjektiver Theorien von Lehrern anstreben, nur wenig Erfolg versprechend sind, wenn sich die Beschäftigung mit ihnen auf die rein theoretisch-kognitive Ebene beschränkt (vgl. 3.4.4.4 Aus- und Fortbildungsprogramme zur Veränderung Subjektiver Theorien). Dann und Guskey beschreiben Veränderungen von Vorstellungen bei Lehrkräften immer dann als besonders erfolgreich, wenn diese aus den Folgen ihrer Verhaltensänderung – z. B. in Form der Implementation von Inhalten der Fortbildungen in ihren Unterricht – positive Rückschlüsse auf die Lernerfolge ihrer Schüler ziehen konnten. Eine Rückbindung theoretischer Kenntnisse an deren praktische Anwendung und die Reflexion über beides unterstützen die Veränderung Subjektiver Theorien.

4.2.2.3 Beschreibung der einzelnen Phasen des Seminars

Folgend werden alle Phasen, die im Verlauf des Seminars durchlaufen wurden, beschrieben.

[25] Das „Primat des Inhalts“ stellt die Festlegung eines für die Schüler relevanten Inhalts als Ziel des Unterrichts vor die Wahl von Methode und Medien (Grotlüschen 2005, S. 84). Die Festlegung der Fragestellung bzw. Hypothese einer Untersuchung legt das Ziel der Untersuchung fest und ordnet diesem die Wahl des Untersuchungskonzepts bzw. Forschungsdesigns unter.

4.2.2.3.1 Theoretische Fundierung

Die erste Phase des Seminars sollte allen Studierenden die theoretischen Inhalte vermitteln, die für die erfolgreiche Umsetzung des Forschenden Lernens im Lehr-Lern-Labor vorhanden sein sollten. Sie nahm mit bis zu fünfzig Prozent der Seminarzeit einen großen Anteil des Seminars ein. Während dieser Phase sollte das unterschiedliche Vorwissen der Studierenden über allgemeindidaktische und fachdidaktische Inhalte sowie speziell über Schülervorstellungen, ihre Diagnose und Umgangsweisen angeglichen und eine gemeinsame Wissensbasis geschaffen werden, auf die die Studierenden bei der Planung, Umsetzung und Auswertung ihres Forschungsprojektes zurückgreifen konnten. Nicht zuletzt durfte in der ersten Hälfte der Veranstaltung auch die Schaffung eines positiven Arbeitsklimas innerhalb der Gesamtgruppe sowie die Findung von arbeitsfähigen Kleingruppen nicht unterschätzt werden, denn Reflexionsfähigkeit, deren Förderung ein Ziel der Seminareinheit darstellte, kann sich in wertschätzender und offener Arbeitsatmosphäre besonders gut entfalten.
Die verhältnismäßig lehrerzentrierte Phase der Theoretischen Fundierung wurde so weit wie möglich u. a. durch regelmäßige Wechsel von aktivierenden Phasen und Inputs lernerfreundlich gestaltet. Alle gängigen Sozialformen (Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit) wurden eingesetzt und gelegentlich zu kooperativem Lernen verknüpft (Brüning und Saum 2009a).

Über das Themengebiet Schülervorstellungen hinaus lernten die Studierenden andere allgemeindidaktische und fachdidaktische Inhalte kennen, die in die nachfolgend beschriebene Gliederung des Seminars integriert wurden. Die Phase der Theoretischen Fundierung enthielt in beiden Durchgängen der Hauptstudie folgende allgemeindidaktische und fachdidaktische Inhalte:

- *Forschendes Lernen in Universität und Schule*
  Die wesentlichen Merkmale Forschenden Lernens in der Universität wurden den Studierenden in Form einer kontinuierlich stattfindenden Metareflexion der inhaltlichen Struktur des Seminars kumulativ über den gesamten Verlauf des Seminars vermittelt. Forschendes Lernen in der Schule wurde im Rahmen der Beschäftigung mit Unterrichtsverfahren und Unterrichtskonzepten für den Chemieunterricht thematisiert und reflektiert.
- *Lehr-Lern-Theorien,* u. a. Konstruktivismus und Conceptual Change- bzw. Conceptual Growth-Theorien

Kenntnisse der Studierenden über diese Lehr-Lern-Theorien bilden eine wesentliche Grundlage für den Erwerb von Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kontext Schülervorstellungen (Abschnitt 3.3.2). Die Lehr-Lern-Theorien wurden in diesem Seminar nicht umfassend (z. B. unter Berücksichtigung theoretischer Hintergründe oder historischer Entwicklungen) behandelt, sondern immer unter Berücksichtigung und Rückbezug auf das Kernthema der Veranstaltung.

- *Unterrichtsverfahren/Unterrichtskonzepte,* u. a. das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren, Forschendes Lernen, Chemie im Kontext (ChiK), das historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren

  Die Vermittlung chemiespezifischer Unterrichtsverfahren stellt eine wesentliche Aufgabe der universitären Chemielehrerausbildung dar. In diesem Seminar lernten die Studierenden die aufgeführten Unterrichtsverfahren nicht nur theoretisch kennen, sondern reflektierten diese bezüglich ihres Potentials, Schülervorstellungen zu erkennen und ggf. zu verändern. Zusätzlich erprobten die Studierenden Unterrichtsplanungen, die sich an ausgewählten Unterrichtsverfahren orientierten.
- *Fachunspezifische Methoden,* u. a. Kooperatives Lernen (Museumsrundgang, Stationenlernen, Placemat, Kugellager/„Rolling Sushi"), Etherpad

  Alle fachunspezifischen Methoden wurden im Sinne eines didaktischen Doppeldeckers eingesetzt und bezüglich ihrer Einsatzmöglichkeiten im Chemieunterricht (z. B. auch hinsichtlich häufig in Chemieräumen festgelegter Anordnungen der Tische und spezifischer Sicherheitsaspekte) reflektiert.

  Die explizite Beschäftigung mit Unterrichtsmethoden wurde u. a. auf Wunsch der Studierenden integriert. Viele Studierende formulierten in ihre Erwartungen an das Seminar den Wunsch, Unterrichtsmethoden kennenzulernen.

Der Verlauf der Theoretischen Fundierung orientierte sich an den zu erwerbenden Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Bereich Schülervorstellungen, die im gleichnamigen Modell (vgl. 3.3.2 Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen) vorgestellt und so weit wie möglich im Rahmen der Intervention von den Studierenden erworben werden sollten.

In dieser Phase lernten die Studierenden die Bedeutung des Begriffs Schülervorstellungen und mögliche Ursachen für die Ausbildung fachlich nicht akzeptierter Schülervorstellungen kennen. Anschließend wurden Inhalte erarbeitet, die die Studierenden für die Diagnose und den Umgang mit Schülervorstellungen sowie die

Planung und Durchführung eines Forschungsprojektes zu diesem Thema kennen und anwenden können sollten.

4.2.2.3.1.1 Schülervorstellungen und ihre Ursachen

Den thematischen Einstieg in das Seminar bot eine Multiple Choice-Diagnoseaufgabe zur Neutralisation (aus dem Englischen übersetzt nach Schmidt 1991), die die Studierenden selbstständig lösen sollten. Die Antworten der Studierenden wurden eingesammelt und auf vier Stapeln sortiert, so dass schnell ein Überblick über die Antwortverteilung gewonnen werden konnte. Dieses Vorgehen wurde aus der Unterrichtskonzeption „choice2learn“ übernommen. Die Antwortverteilung zeigte, dass – obwohl es sich um eine Aufgabe handelte, die chemische Inhalte des Mittelstufenunterrichts erfragte – die Studierenden erhebliche Schwierigkeiten beim Lösen dieser Aufgabe hatten und diese nur von einigen Seminarteilnehmern richtig beantwortet werden konnte. Die meisten Studierenden beantworteten diese Frage mit einer fachlich falschen Antwort. Dies entsprach insofern den Erwartungen, da einige empirische Studien zu Schülervorstellungen bereits gezeigt haben, dass fachlich falsche Vorstellungen auch noch bei Studierenden und Lehrern auftreten, die sich für das Studium des entsprechenden Faches entschieden haben (vgl. Jung und Wiesner 1981; Kikas 2004). In der anschließenden Diskussion der einzelnen Items wurden alle Antworten fachlich diskutiert und potentielle Erklärungen gesucht, die Schüler (und offenbar auch Studierende) dazu bewegen könnten, diese Antwort als richtig zu bezeichnen. Die Studierenden erhielten so einen ersten Einblick in die Langlebigkeit von Schülervorstellungen und wurden zur Reflexion darüber angeregt, dass sich hinter fachlich falschen Antworten gute Ideen und kluge Gedankengänge verstecken können. Anhand dieser Aufgabe wurden einige Ursachen erarbeitet, die zur falschen Beantwortung der Fragen führen können.

In den folgenden zwei Doppelstunden wurden anhand zahlreicher Beispiele aus empirischen Forschungsprojekten häufig auftretende und wissenschaftlich nachgewiesene Schülervorstellungen und deren mögliche Ursachen erarbeitet.

Folgende Vorstellungen wurden im Verlauf des Seminars thematisiert, die genannten Quellen sind als Beispiele zu verstehen, da manche Vorstellungen von mehreren Autoren beschrieben wurden und die folgend genannten Vorstellungskategorien mehr als eine Vorstellung umfassen:

- Vorstellungen vom Aufbau der Materie (Yezierski und Birk 2006)
- Vorstellungen zum Lösen und Sieden (Marohn 2008d)
- Vorstellungen zur Elektrochemie (Marohn 1999)

- Vorstellungen zum chemischen Gleichgewicht (Kienast 1999)
- Vorstellungen zu Säuren und Basen (Sumfleth und Geisler 2001)
- Vorstellungen zum Elementbegriff (Habelitz-Tkotz 2012; Rehm und Sieve 2012)
- Vorstellungen zur ionischen Bindung (Hilbing und Barke 2004)

Anhand der Beispiele wurden verschiedene Ursachen aufgezeigt, die zur Ausbildung dieser fachlich falschen Vorstellungen führen können. Die Vielzahl potentieller Ursachen wurde für eine bessere Übersicht zu Kategorien geordnet, die auf einem Flipchart festgehalten wurden. Abbildung 12 stellt eine Abschrift dieses Flipcharts dar.

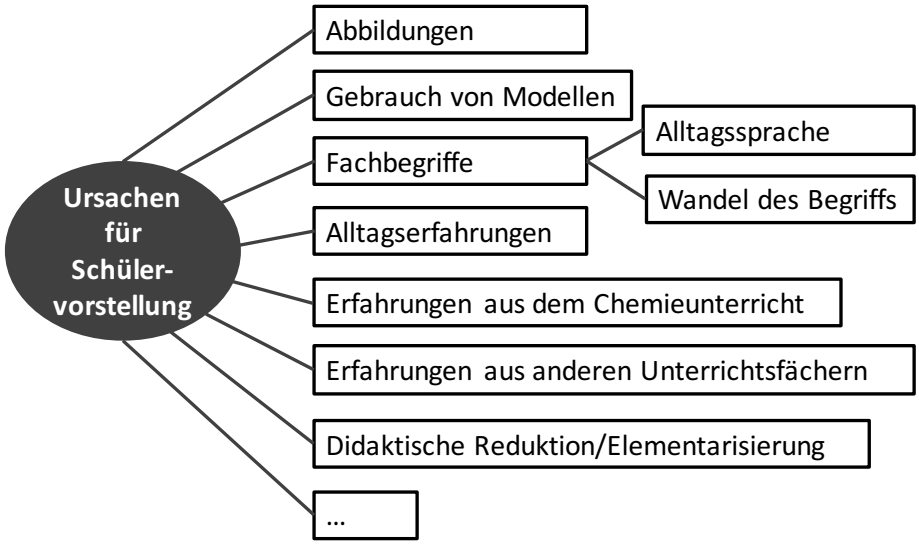


Abbildung 12: Übersicht über ausgewählte Ursachen für Schülervorstellungen

Die in Abbildung 12 dargestellten Oberkategorien möglicher Ursachen von Schülervorstellungen wurden im Verlauf des Seminars anhand zahlreicher, möglichst eindeutiger Beispiele erläutert. In einigen Fällen ist eine eindeutige Zuordnung einer Ursache für die Entstehung einer fachlich falschen Vorstellung nicht möglich, da verschiedene Ursachen einen Einfluss auf die Ausbildung dieser Vorstellungen haben können. Auch solche, durch mehrere Ursachen beeinflusste Vorstellungen, z. B. Vorstellungen zum Zerbrechen chemischer Bindungen beim Verdampfen oder Vorstellungen zum chemischen Gleichgewicht, wurden thematisiert.

Es wurde besonderer Wert darauf gelegt, Schülervorstellungen und deren Ursachen nicht als endgültig und in ihrer Anzahl abgeschlossen zu vermitteln. Es sollte auf keinen Fall der Eindruck entstehen, dass es möglich wäre, alle Vorstellungen und ihre Ursachen zu kennen und diese „wie Briefmarken“ (Millar 1989) sammeln zu können. Im Gegenteil: Die Studierenden sollten Vorstellungen und ihre Ursachen als

Konstrukte im Wandel begreifen, die vielfach von einer sich stetig wandelnden Alltagswelt und Alltagssprache beeinflusst werden, deren Auswirkungen für Generationen zukünftiger Schüler noch nicht absehbar sind.
Das in der gesamten Lehrerausbildung geforderte lebenslange Lernen ist also auch für den adäquaten und professionellen Umgang von Lehrkräften mit Schülervorstellungen und ihren Ursachen essentiell.
Die im Seminar besprochenen Beispiele zu Schülervorstellungen und ihren Ursachen wurden teilweise den Studienschwerpunkten der Studierenden angepasst. Im Sommersemester 2013 wurden verhältnismäßig mehr Beispiele für Schülervorstellungen besprochen, die in der Sekundarstufe II entstehen und von Bedeutung sind, als im Wintersemester 2013/14, in dem mehr für die Sekundarstufe I relevante Vorstellungen im Vordergrund standen.

4.2.2.3.1.2 Diagnose mit Schwerpunkt auf Schülervorstellungen

Die Auseinandersetzung der Studierenden mit der Diagnose von Schülervorstellungen wurde ebenfalls in Form Forschenden Lernens unterrichtet, wobei sich die Phasierung eng an die übergeordnete Struktur der Veranstaltung anlehnte. Abbildung 13 stellt die Phasen des Forschenden Lernens im Kontext der Diagnose von Schülervorstellungen sowie deren konkrete Umsetzung schematisch dar.

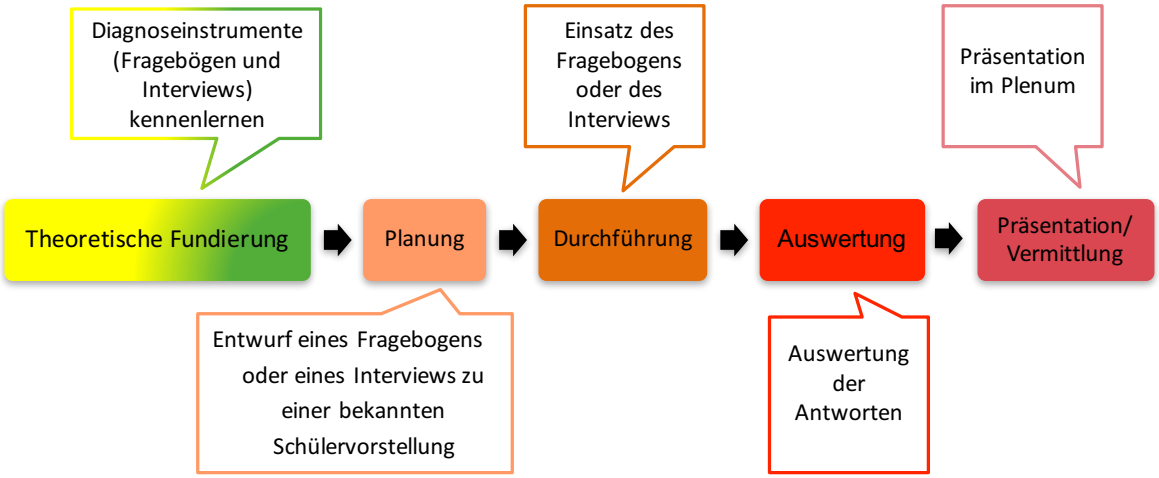


Abbildung 13: Schematische Darstellung des Forschenden Lernens im Kontext der Diagnose von Schülervorstellungen

Wie Abbildung 13 zeigt, kann die Beschäftigung mit der Diagnose von Schülervorstellungen als eigenständiger Ablauf der Phasen des Forschenden Lernens angesehen werden, da alle Phasen Forschenden Lernens durchlaufen werden. Sie fügt sich aber gleichzeitig nahtlos in die Phase der Theoretischen Fundierung des – das gesamte Seminar umfassenden – Konzepts des Forschenden Lernens ein. Der

Seminarabschnitt zur Diagnose von Schülervorstellungen wurde ähnlich gestaltet wie die Variante des Forschenden Lernens zur Diagnose von Vorstellungen (vgl. 4.1.2.3.3 zu Konzipierung, Erprobung und Evaluation eines Fragebogens oder eines Interviews) während der Pilotierung. Die während der Evaluation der Pilotierung diagnostizierten positiven Wirkungen dieser Arbeit konnten so in die Hauptstudie übernommen werden.

Theoretische Fundierung der Diagnose

Zum Einstieg in die Beschäftigung mit der Diagnose von Schülervorstellungen sollten die Studierenden folgende Frage beantworten: Welche Bedingungen müssen vorliegen, damit Lehrerinnen und Lehrer die Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler erkennen können?

In Form eines kooperativen Lernens erarbeiteten die Studierenden die folgenden als wesentlich identifizierten Bedingungen:

- offene und vertrauensvolle Lern- und Arbeitsatmosphäre
- Trennung von Bewertungs- und Prüfungssituation
- Schüler sollten sich individuell äußern
- Schüler sollten Zeit haben, sich zu äußern
- Schüler sollten sich in ganzen Sätzen äußern
- Lehrer muss zuhören

Die genannten Bedingungen wurden gesichert und im Verlauf des Seminars immer wieder hinterfragt, wenn es darum ging, Diagnoseinstrumente oder Unterrichtskonzepte bezüglich ihrer Eignung für die Diagnose von Schülervorstellungen zu untersuchen. Außerdem wurde der Einsatz narrativer Elemente im Chemieunterricht (Mannß et al. 2005) vorgestellt und von den Studierenden selbstständig erprobt, indem sie eine chemische Reaktion – die Verbrennung von Kohlenstoff in einem abgeschlossenen System – aus der Sicht eines der beteiligten Elemente beschrieben. Der Einsatz narrativer Elemente wurde im Plenum mit Blick auf die Gefahren und Chancen (u. a. die Nutzung von Animismen, z. B. Gebhardt 2013; Lück 2008; Püttschneider und Lück 2004) und unter besonderer Berücksichtigung der Diagnose von Schülervorstellungen diskutiert.

Anschließend erarbeiteten die Studierenden materialgestützt wichtige Informationen über zwei Diagnoseinstrumente, Fragebögen und Interviews, die sowohl in der Forschung als auch im Unterricht eingesetzt werden können. Die Beschäftigung angehender Lehrkräfte mit den genannten fachdidaktischen Diagnoseinstrumenten kann aufgrund des wissenschaftlichen Anspruchs eines universitären Studiums

legitimiert werden. Studierende des Bachelor- und Master-Studiengangs sollen im Rahmen ihrer Ausbildung auf wissenschaftliches Arbeiten vorbereitet werden. In Bachelor- und Master-Arbeiten sollen sie jeweils zum Abschluss des Studiengangs ihre wissenschaftlichen Leistungen unter Beweis stellen. Studierenden der Lehrämter steht es hierbei offen, diese Arbeiten in der Fachwissenschaft oder der Fachdidaktik eines ihrer beiden Fächer anzufertigen. Die Beschäftigung der Studierenden mit fachdidaktischen Instrumenten und deren Erprobung leistet aber nicht nur einen wesentlichen Beitrag zum Erwerb wissenschaftlicher Fähigkeiten in der Fachdidaktik der Universität, sondern sie fördert auch ein Verständnis für Diagnoseinstrumente, die in der Schule eingesetzt werden. Der Einsatz von Diagnosen stellt eine der Kernkompetenzen von Lehrkräften dar (vgl. Kerncurriculum für die Ausbildung im Vorbereitungsdienst für Lehrämter in den Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung und in den Ausbildungsschulen des Ministeriums für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen). Lehrer, die das Vorwissen und die Vorstellungen ihrer Schüler ernst nehmen und sie deshalb in ihren Unterricht integrieren möchten, müssen zunächst einmal einen Überblick über das vorhandene Vorwissen und die individuellen Vorstellungen ihrer Schüler erhalten. Diese Kenntnis ist insofern von entscheidender Bedeutung, da neues Wissen immer vor dem Hintergrund bereits vorhandenen Wissens konstruiert wird. Da das vorhandene Wissen neben den individuellen kognitiven Leistungen als einer der zentralen Prädiktoren für den Erwerb neuen Wissens gilt, sollte das Lernangebot immer an die Lernvoraussetzungen der Schüler angepasst werden (Hänze und Jurkowski 2011). Die Beschäftigung der Studierenden mit unterschiedlichen Diagnoseinstrumenten, Frageformaten und ihrem Aussagepotential bereitet die Studierenden unmittelbar auf ihre zukünftige Tätigkeit als Lehrende vor.

Planung, Durchführung, Auswertung und Präsentation der Diagnose

Zu Beginn der Planungsphase erhielten die Studierenden die Aufgabe, alternative Vorstellungen oder deren Ursachen zu einem selbst gewählten Inhalt durch den Einsatz eines der kennengelernten Diagnoseinstrumente adressatengerecht zu erforschen. Als Probanden für diese kleine Untersuchung sollten Personen gewählt werden, die die Studierenden einfach zur Teilnahme an einer kurzen Befragung animieren konnten, z. B. Familie, Freunde oder Mitbewohner. Der Probandenkreis für diese erste Untersuchung wurde bewusst sehr offen gelassen. Zum einen, weil nur die wenigsten Studierenden regelmäßigen Kontakt zu mehreren Schülern hatten, was die Akquise der Probanden – für den gegebenen Anlass – unnötig erschwert und

vermutlich auch zeitlich verlängert hätte. Zum anderen war aus der Pilotierung bekannt, dass eine breite Streuung der Probanden auch die gesellschaftliche Bedeutung und Verbreitung von Schülervorstellungen aufzeigen konnte (vgl. 4.1.2.3.3 Konzipierung, Erprobung und Evaluation eines Fragebogens oder eines Interviews). In Partnerarbeit oder einer Kleingruppe von drei Personen erarbeiteten die Studierenden eine eng begrenzte Forschungsfrage, z. B. „Welche Vorstellungen existieren zu *Aggregatzustandsänderungen*?“ und entwickelten zu dieser Fragestellung einen Fragebogen oder einen adressatengerechten Interviewleitfaden. Für die Erprobung erhielten die Studierenden drei Wochen Bearbeitungszeit. Die Ergebnisse der Fragebögen und Interviewleitfäden wurden drei Wochen später im Seminar ausgewertet und präsentiert.

4.2.2.3.1.3 Umgangsweisen zur Veränderung von Schülervorstellungen

Der nächste Seminarabschnitt legte den Fokus auf die *Veränderung* von wissenschaftlich nicht anerkannten Vorstellungen. Schon während der Beschäftigung mit Schülervorstellungen und ihren Ursachen waren vereinzelt Diskussionen entstanden, wie eine Veränderung der fachlich nicht akzeptierten Vorstellungen in Richtung der wissenschaftlich akzeptierten Vorstellungen gelingen könnte. Die Beschäftigung mit dieser Frage erschien den Studierenden sehr bedeutend, wie die drei folgenden Formulierungen der Erwartungen an das Seminar in den Portfolios zeigen[26]:

> „Zunächst wünsche ich mir innerhalb des Seminars „Stolpersteine im Chemieunterricht“ eine Feinfühligkeit für die Bildungsprozesse von Schülervorstellungen, die Sichtweisen von Schülerinnen und Schülern sowie das Erlangen von Wissen im chemischen Kontext zu entwickeln. Ich hoffe, dass ich mir aus diesem Verständnis heraus die Möglichkeit eines situationsgerechten Umgangs mit Schülervorstellungen beim Lehren und Unterrichten aneignen kann.“ (Studentin, SoSe 2013)

> „Meine Erwartungen sind zum einen, dass ich lerne, wo Stolpersteine im Chemieunterricht sein können und wie ich sie „umgehen“ kann bzw. wie ich damit umgehen kann.“ (Student, WS 13/14)

> „Ich erhoffe mir zu erfahren, in welchen Gebieten der Chemie Schülerinnen und Schüler (SuS) besonders Probleme haben und wie man im Unterricht diesen Problemen entgegenwirken kann. Welche Experimente, Abbildungen und Modelle sind besonders geeignet, um die Schülerinnen und Schüler nicht zu verwirren?“ (Studentin, WS 13/14)

[26] Die drei aufgeführten Zitate wurden den Beantwortungen der ersten Impulsfrage des das Seminar begleitende Portfolios entnommen. Sie stehen stellvertretend für mehrere andere Antworten mit vergleichbarem Inhalt. Die Impulsfrage lautete: Notieren Sie Ihre Erwartungen an die Seminareinheit "Stolpersteine im Chemieunterricht".

Als Hinführung zu Umgangsweisen mit Schülervorstellungen lernten die Studierenden den Ansatz des moderaten Konstruktivismus sowie Conceptual Change- bzw. Conceptual Growth-Theorien (Abschnitt 3.4.1) kennen und erfuhren so, dass Lernen als individueller Prozess verstanden werden muss, der durch vorherige Erfahrungen beeinflusst wird. Über die Auseinandersetzung mit diesen Lehr-Lern-Theorien wurden gemeinsam mit den Studierenden Kriterien abgeleitet, die Lehrkräfte bei der Unterrichtsgestaltung berücksichtigen sollen, um einer Orientierung an individuellen Schülervorstellungen gerecht zu werden. Zu diesen Kriterien gehörten:

- veränderte Rollen des Lehrers (u. a. Coach, kreativer Gestalter von Lernumgebungen, Richtungsweisender, Begleiter, Konstruktionspartner) (nach Klein und Oettinger 2000) im Vergleich zu frontalen Unterrichtsformen
- veränderte Rollen der Schüler durch höhere Eigenaktivität als in frontalen Unterrichtsformaten
- Schüler mit allen Sinnen ansprechen
- Kommunikation der Schüler untereinander und zwischen Lehrern und Schülern fördern
- Wertschätzung auch für fachlich nicht akzeptierte Antworten (hinter denen oft gute Gedanken stecken)
- Schaffung einer angenehmen Lernatmosphäre

Anschließend wurden naturwissenschaftliche Unterrichtsverfahren und Unterrichtskonzepte, u. a. das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren, Forschendes Lernen, Chemie im Kontext (ChiK) und das historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren, thematisiert und bezüglich ihres Potentials, Schülervorstellungen zu erkennen oder damit im Unterricht umzugehen, reflektiert. Die Reflexion über diese Unterrichtsverfahren und Unterrichtskonzepte sollte den Studierenden bewusst machen, dass die Diagnose von Schülervorstellungen und der produktive Umgang mit ihnen nicht an spezifische, extra für diesen Zweck entwickelte Methoden oder Verfahren gebunden sein muss. Wenn die Lehrkraft sich der Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lehren und Lernen ihrer Schüler bewusst ist und diese gewinnbringend in ihren Unterricht integrieren möchte, kann sie auch „klassische“ Unterrichtsverfahren und Unterrichtskonzepte nutzen, um ihr Ziel zu erreichen.

Den Abschluss dieser Phase der Theoretischen Fundierung bildete die Beschäftigung mit explizit für den Umgang mit Schülervorstellungen entwickelten Strategien. Als Beispiele wurden das Unterrichtskonzepts „choice2learn“ (Marohn und Egbers 2011) und „Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren“ (Petermann et al. 2008), die sich explizit an Lernervorstellungen orientieren, vorgestellt

(vgl. 3.4.2.6 Schülervorstellungen verändern). Die Studierenden diskutierten exemplarisch ausgewählte Materialien dieser Konzepte.
Zur aktiven Wiederholung einiger Inhalte der Theoretischen Fundierung wurde die Methode Etherpad eingesetzt. In einem online erstellten Etherpad beantworteten die Studierenden Fragen zu Ursachen für die Entstehung von Schülervorstellungen und Konsequenzen, die sich aus der konstruktivistischen Didaktik ableiten lassen, gemeinschaftlich. Außerdem sollten sie in einer Übersicht eines Lehrplans für das Fach Chemie in Nordrhein-Westfalen alle Themengebiete unterstreichen, zu denen im Seminar problematische Schülervorstellungen thematisiert worden waren, und Beispiele nennen. Es wurde jeweils der Lehrplan bearbeitet, dessen Schulform von den meisten Teilnehmenden angestrebt wurde; im Sommersemester 2013 handelte es sich um den Lehrplan für das Fach Chemie an Gymnasien und Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen, im Wintersemester 2013/14 um den Lehrplan für das Fach Chemie an Realschulen in Nordrhein-Westfalen. Kopien der Etherpads können im Anhang A eingesehen werden. Die Methode der gemeinschaftlichen Anfertigung eines Etherpads wurde anschließend bezüglich ihrer Vor- und Nachteile für den Einsatz im Unterricht diskutiert. Die Zuordnung der im Seminar erarbeiteten Schülervorstellungen zu den Inhaltsfeldern des Lehrplans verdeutlichte den Studierenden noch einmal die Vielfalt und die Bedeutung des Themas für den Unterricht.

4.2.2.3.2 Planung

Nachdem die Phase der Theoretischen Fundierung abgeschlossen war, begann die praktische Umsetzung der zuvor erworbenen Inhalte in ein fachdidaktisches Forschungsprojekt. Nachdem die Studierenden über die weiteren Abläufe und Anforderungen informiert worden waren, fanden sie sich in Kleingruppen (2-3 Personen) zusammen, die sich dann eigenständig einer von mehreren Schülergruppen, die das Lehr-Lern-Labor besuchten, zuteilten. Den Studierenden waren zuvor Informationen über die Jahrgangsstufe und die Schulform aller Schüler und über die zum Zeitpunkt des Schülerbesuchs unterrichteten Themengebiete im Unterricht übermittelt worden, so dass die Studierenden diese Faktoren in ihre Entscheidung einbeziehen konnten.
Die Studierenden erhielten die Aufgabe, eine Unterrichtsstunde zu entwerfen, in deren Verlauf sie Vorstellungen einer Schülergruppe zu einem von ihnen festgelegten Thema zuerst diagnostizieren, anschließend mit den diagnostizierten Vorstellungen arbeiten und fachlich falsche Vorstellungen im besten Fall widerlegen sollten. Die Schülervorstellung konnte von den Studierenden frei gewählt werden, wobei aber das Alter und das Vorwissen der Schüler berücksichtigt werden mussten.

Die nachfolgend aufgeführten Fragen wurden den Studierenden zur Verfügung gestellt. Sie sollten helfen, den Entwicklungsprozess zu strukturieren[27]:

- Entscheiden Sie sich (in Abhängigkeit von Alter und Schulform der Schüler) für eine Schülervorstellung, die den Ausgangspunkt Ihrer Unterrichtsplanung darstellt.
- Entwickeln Sie eine Unterrichtssequenz, in der Sie diese Schülervorstellung diagnostizieren, und versuchen Sie, sie zu verändern. Beachten Sie die Kriterien konstruktivistischer Annahmen und der Conceptual Change- bzw. Conceptual Growth-Forschung.
- Entwickeln/Besorgen Sie alle Materialien, die Sie für die Durchführung Ihrer Unterrichtssequenz benötigen.
- Dokumentieren Sie den Entwicklungsprozess der Unterrichtssequenz in Ihrem Portfolio.
- Stellen Sie Ihre Planung in der folgenden Seminarsitzung kurz vor.
- Stellen Sie Ihre Materialien und Chemikalien für die Durchführung ihrer Unterrichtssequenz zusammen.

Die Forschungsprojekte der Studierenden bezogen sich entsprechend der Aufgabenstellung auf den Umgang mit Schülervorstellungen im Chemieunterricht. Da das Seminar ausschließlich von Lehramtsstudierenden besucht wurde, liegt der Praxisbezug dieser Fragestellungen auf der Hand. Die Planungsphase dauerte zwei Semesterwochen, in denen die Studierenden in Kleingruppen 40- bzw. 45-minütige Unterrichtssequenzen entwickelten, die sowohl die Diagnose als auch Umgangsweisen mit Schülervorstellungen in den Blick nahmen.

Als Anregungen erhielten die Studierenden eine große Auswahl an Zeitschriftenartikeln aus chemiedidaktischen Zeitschriften (u. a. Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, International Journal of Science Education), die entweder empirisch gefundene Schülervorstellungen beschrieben oder Diagnosemöglichkeiten oder Umgangsweisen vorstellten. Über diese Auswahl hinaus standen den Studierenden WLAN-fähige Laptops und die Seminarbibliothek des Instituts für Didaktik der Chemie zur Recherche zur Verfügung.

[27] Die Strukturierung wurde als Folge der Evaluation der Pilotierung verstärkt, da während der Pilotierung beobachtet worden war, dass vor allem jüngere Studierende viel Hilfe bei der Strukturierung ihrer Forschungsprojekte benötigten.

4.2.2.3.3 Durchführung

Um den Studierenden Gelegenheit zu geben, ihre entwickelten Unterrichtsstunden mit „echten“ Schülern zu erproben, wurden jeweils drei Schulklassen der Mittelstufe (Jahrgangsstufen 7 und 9) in die Labore des Instituts für Chemiedidaktik eingeladen. Einen von mehreren Programmpunkten der Schüler stellte an diesem Tag die Arbeit mit den Studierenden im Lehr-Lern-Labor dar. Im Anschluss an das Lehr-Lern-Labor besuchten die Schüler das institutseigene Schülerlabor, in dem sie von Mitarbeitern des Institutes betreut wurden[28] und wo sie ihrem chemischen Vorwissen entsprechend angepasste Experimente durchführten. Den Abschluss der Schülerbesuchstage bildete ein gemeinsamer Mensabesuch.

Die Arbeit der Studierenden im Lehr-Lern-Labor stellte eine in der universitären Ausbildung selten zu ermöglichende Primärerfahrung dar. Diese wurde, nachdem sie in der ersten Seminarstunde als Ausblick auf die Veranstaltung angekündigt war, von vielen Studierenden herbeigesehnt und mit hohen Erwartungen belegt.

Die Interaktionen der Studierenden mit den Schülern im Lehr-Lern-Labor wurden videografiert. In jedem Raum wurden mindestens zwei Kameras aufgestellt, die die Durchführung der von den Studierenden geplanten Unterrichtssequenzen filmten. Eine der beiden Kameras wurde auf die Studierenden gerichtet, die andere filmte die Schüler, die zu Beginn der Stunden meist in den durch die räumlichen Bedingungen vorgegebenen Bankreihen saßen. Der Einsatz von zwei Kameras dieser Ausrichtungen ermöglichte den Studierenden zum einen, die Unterrichtssequenz noch einmal aus ihrer Lehrerperspektive (Kamera, die neben dem Lehrerpult auf die Schüler gerichtet war) zu betrachten. Die zweite Kamera ermöglichte aber auch, sich im Nachhinein selbst aus der Perspektive der Schüler zu beobachten.

[28] Zur Unterscheidung der Begriffe Lehr-Lern-Labor und Schülerlabor sei auf Abschnitt 3.4.3.5 verwiesen.

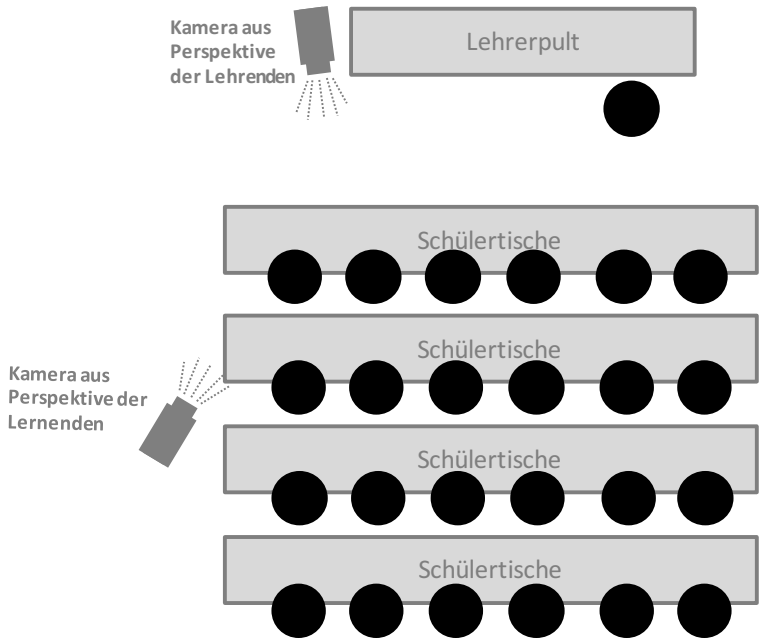


Abbildung 14: Schematische Darstellung der Kamerapositionen

Die Kameraführung wurde dann an die konkrete Unterrichtsplanung angepasst. Viele Studierendengruppen setzten z. B. die Sozialform der Partner- oder Gruppenarbeit während ihrer Unterrichtssequenz ein. In diesen Fällen wurden die beiden Kameras und die zugehörigen Mikrofone auf je zwei Schülergruppen ausgerichtet, so dass auch Aussagen, Argumentationen und Diskussionen der Schüler in Gruppenarbeit aufgezeichnet werden konnten. In einigen Fällen bildeten die Studierenden mehr Schülergruppen als Kameras zur Verfügung standen. Die Gespräche und Diskussionen dieser Gruppen wurden mit Diktiergeräten audiografiert, so dass den Studierenden für die Auswertung zumindest die Tonspur zur Verfügung stand. Es stand den Studierenden frei, die Kameras entweder in ihren Ausgangspositionen unbewegt stehen zu lassen oder diese im Verlauf der Unterrichtssequenz zu verändern. Änderungen konnten entweder von den Studierenden selbst durchgeführt werden oder ihnen wurden auf Wunsch Hilfskräfte zur Verfügung gestellt, die die Kamerabewegungen übernahmen.

Im Vorfeld des Besuches waren sowohl die Eltern als auch die Schüler selbst schriftlich über die Zielsetzung des übergeordneten Forschungsvorhabens und die damit verbundene Datenerhebungen informiert worden. Die Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten für den Einsatz von Video- und Audioaufnahmen war ebenfalls zuvor eingeholt worden. Schüler, von denen keine gültige Einverständniserklärung vorlag, konnten an der Arbeit mit den Studierenden teilnehmen, die

Kameras wurden aber so ausgerichtet, dass sie sich im toten Winkel der Aufzeichnung befanden.
Für die Studierenden war die Teilnahme am Lehr-Lern-Labor und die damit verbundene Videografie verpflichtend, um die Leistungsanforderungen des Seminars zu erfüllen. Hierüber wurden sie in der ersten Seminarstunde informiert. Studierende, die unter diesen Bedingungen nicht am Seminar hätten teilnehmen wollten, hätten ein anderes chemiedidaktisches Seminar besuchen können. Diese Option wurde allerdings nicht in Anspruch genommen. Die Verpflichtung der teilnehmenden Studierenden zur Videografie setzte einen diskreten und besonders wertschätzenden Umgang mit dem Bildmaterial voraus.

4.2.2.3.4 Auswertung

Die den Besuchen der Schulklasse folgende Seminarsitzung widmete sich der Nachbereitung und Auswertung der eigenständig durchgeführten Unterrichtssequenzen. Für die Analyse standen den Studierenden neben ihrer Erinnerung auch die aufgezeichneten Audio- und/oder Videodokumente ihrer Arbeit zur Verfügung. Um das Recht am eigenen Bild und die Privatsphäre der Studierenden angemessen zu würdigen, erhielten die Studierenden die Videos ihrer Arbeit zunächst nur für den Gebrauch innerhalb ihrer Arbeitsgruppe. Sie waren nicht dazu verpflichtet, diese Aufnahmen anderen Personen außerhalb ihrer Arbeitsgruppe zu zeigen und konnten selbstständig entscheiden, wen sie in die Auswertung der Filmaufnahmen einschließen wollten. Die Studierenden entschieden ebenfalls frei, ob sie Auszüge ihrer Arbeit während der Präsentation im Seminar zeigen wollten oder darauf verzichteten.
Um die Auswertung in einer für alle Beteiligten möglichst angenehmen Atmosphäre stattfinden zu lassen, wurden vor Beginn der Auswertung die folgend genannten Feedbackregeln (vgl. Antons 2011) erläutert und die Studierenden wurden dazu aufgefordert, sich an diese zu halten.

Erfolgreiches Feedback ist:

- eher beschreibend als bewertend oder interpretierend
- eher konkret als allgemein
- eher einladend als zurechtweisend
- eher verhaltensbezogen als charakterbezogen
- eher erbeten als erzwungen
- eher klar und pointiert als verschwommen und vage
- eher sofort und situativ als verzögert und rekonstruierend

Den Studierenden die elementaren Grundlagen für produktives Feedback zu vermitteln, ist nicht nur in Bezug auf die vorgestellte Veranstaltung sinnvoll. Darüber hinaus müssen Lehrer in ihrer beruflichen Tätigkeit regelmäßig Feedback an ihre Schüler geben, das professionell und für die Lernenden hilfreich sein soll. Die oben genannten Feedbackregeln bewusst zu machen und ihre Einhaltung in konkreten Situationen zu erproben, kann die Studierenden auf diesen Teil ihrer beruflichen Tätigkeit als Lehrer vorbereiten.
Im Rahmen des vorgestellten Seminars bot die Videografie den Studierenden die Möglichkeit, ihre erprobten Unterrichtssequenzen zu analysieren und ihr Verhalten im Umgang mit Schülern zu reflektieren. Der Einsatz von Videografie hat sich in der zweiten Phase der Lehramtsausbildung als gewinnbringender Ansatz zur Förderung von Reflexivität angehender Lehrender bewährt (Dorlöchter et al. 2006).[29] Erfahrungen mit dem Einsatz von Videografie in der Lehreraus- und -weiterbildung zeigen, dass der Einsatz von Videografie nur dann gewinnbringend ist, wenn die Methode nicht zum Selbstzweck eingesetzt wird, sondern in ein umfassendes Ausbildungskonzept integriert wird und die Auswertung nicht willkürlich, sondern theoriegeleitet erfolgt (Dorlöchter et al. 2013). Entsprechend wurde die Seminardoppelstunde (180 Minuten) zur Auswertung der Videos in vier Arbeitsphasen unterteilt, die von den Studierenden hintereinander zu durchlaufen waren.

1. Arbeitsphase: Sichtung des eigenen Videos

Zu Beginn der Seminarsitzung erhielten die Studierenden die Aufgabe, sich innerhalb der Arbeitsgruppe, in der die Unterrichtssequenz durchgeführt worden war, die Videoaufzeichnung unter zwei Beobachtungschwerpunkten anzusehen. Zum einen beobachteten sie sich selbst als Lehrende; zum anderen sollten sie aber auch die Lernprozesse der Schüler beobachten und analysieren. Für die Analyse ihres Auftretens als Lehrende identifizierten sie Ausschnitte von ca. drei bis fünf Minuten Dauer, in denen je ein Studierender die Lehrerrolle einnahm. Außerdem notierten sie sich Ausschnitte innerhalb der Unterrichtssequenz, die ihnen einen Einblick in die Vorstellungen und das Lernen der Schüler ermöglichten. Für alle notierten Ausschnitte sollten die Zeitangaben innerhalb der Videos so präzise wie möglich festge-

[29] Aufgrund des einmaligen Einsatzes der Videografie konnte nicht erwartet werden, dass dieser einen bleibenden Einfluss auf die Reflexionsfähigkeit oder das Handeln der Studierenden ausübte. Es ging vielmehr darum, den Studierenden einen Einblick in diese Methode und ihr Potential für Evaluation und Reflexion über Unterricht zu bieten (vgl. Abschnitt 3.4.5.4).

halten werden, damit diese in den sich anschließenden Auswertungsphasen verhältnismäßig zeiteffizient wiedergefunden und erneut angesehen werden konnten. Im Anschluss an die erste Sichtung der Videos, die verpflichtend in den ursprünglichen Arbeitsgruppen stattfand, damit jeder Studierende die Filmaufnahmen in Ruhe in Augenschein nehmen konnte, wurde den Studierenden freigestellt, ob sie die weitere Auswertung innerhalb dieser Gruppe durchführen wollten oder ob andere Studierende hinzugezogen wurden. Die Leiterinnen der Veranstaltung standen während der Auswertung für Rückfragen zur Verfügung und äußerten entsprechend des Prinzips der Nachfrageorientierung (Abschnitt 3.4.5) nur dann selbst Feedback, wenn dies explizit gewünscht wurde.

2. Arbeitsphase: Beobachtung und Evaluation des eigenen Auftretens als Lehrer

Dieser Beobachtungsschwerpunkt wurde aufgrund der gewonnenen Erfahrungen aus der Pilotierung ergänzt. Während der Pilotierung fokussierte der Beobachtungsauftrag auf Ausschnitte, die Einblicke in geäußerte Vorstellungen sowie Lern- und Argumentationsprozesse der Schüler ermöglichten. Trotz der starken Fokussierung des Beobachtungsauftrags wurde festgestellt, dass die Studierenden sich zuerst besonders für ihr eigenes Auftreten als Lehrer interessierten und dieses ungefragt analysierten. Diese Beobachtung stimmt mit Beschreibungen überein, die im Anschluss an das Projekt „Unterricht im Diskurs“ veröffentlicht worden waren. Dorlöchter et al. (2008) plädieren für eine wiederholte und intensive Betrachtung von Unterrichtsvideos, da sie beobachtet haben, dass „zunächst alleine das persönliche Auftreten interessiert“ (Dorlöchter et al. 2008, S. 2). Dieses werde aber im weiteren Verlauf der Beschäftigung mit Unterrichtsvideos schnell in den Kontext des Unterrichtsgeschehens eingeordnet.

Aufgrund der Beschreibungen von Dorlöchter et al. und den eigenen Beobachtungen während der Pilotierung wurde entschieden, dem eigenen Auftreten als Lehrer einen größeren Stellenwert während der Auswertung einzuräumen. Die Studierenden erhielten die folgend genannten Arbeitsaufträge:

- Notieren Sie, was Ihnen und Ihren Gruppenmitgliedern an Ihrem Auftreten als Lehrer/in aufgefallen ist (Positives und Negatives)[30].
- Wählen Sie einen oder zwei Punkte aus, an denen Sie in Zukunft arbeiten möchten.

[30] Die in Klammern gesetzte Ergänzung des ersten Arbeitsauftrags (Positives und Negatives) wurde hinzugefügt, um die Studierenden zur Reflexion in beide Richtungen anzuregen. Es sollte verhindert werden, dass sich die Studierenden z. B. nur auf das konzentrierten, was ihnen nicht gelungen zu sein schien.

Die Ergebnisse dieser sehr persönlichen Betrachtung wurden im Portfolio notiert. Die Studierenden durften sie in die abschließende Präsentation vor der gesamten Seminargruppe einbringen, waren aber ausdrücklich nicht dazu verpflichtet.

3. Arbeitsphase: Analyse der Unterrichtssequenzen des selbst durchgeführten Unterrichts unter Berücksichtigung der Videoaufnahmen

Diese Phase wurde in den von den Studierenden selbst gewählten Arbeitsgruppen durchgeführt. In der Regel blieben die Gruppen, die sich in der vorangegangenen Phase (Auftreten als Lehrer) gefunden hatten, bestehen. Die Studierenden erhielten folgende Impulsfragen, die sie bei der Auswertung der Videoaufnahmen unterstützten:

- Was hat während der Arbeit mit den Schülern gut/weniger gut funktioniert?
- Haben die von Ihnen gestellten Aufgaben/Impulse so funktioniert, wie sie geplant waren? Wenn nein, wieso nicht? Wie sollte man sie ändern?
- Würden Sie im Nachhinein Änderungen an der Durchführung vornehmen? Wenn ja, welche?
- Vergleichen Sie Ihre Beobachtungen aus der Videografie mit Ihren Erinnerungen im Anschluss an die Durchführung der Unterrichtsstunde. Gibt es Überschneidungen und/oder Abweichungen?
- Haben Sie die Vorstellungen und Antworten der Schüler so erwartet oder gab es „Überraschungen“? Wenn ja, welche?
- Haben Sie durch Ihre Arbeit mit den Schülern etwas Neues über die Vorstellungen von Schülern im Chemieunterricht erfahren?
- Welche Schlüsse können Sie für Ihre zukünftige Tätigkeit als Lehrer/in ziehen?

Die Beantwortung der Fragen erfolgte auf Grundlage der Erinnerungen der Studierenden an das Lehr-Lern-Labor und wurde durch die Sichtung der Videoaufnahmen ergänzt. Die Impulsfragen waren so strukturiert, dass sich der Komplexitätsgrad der Beantwortung steigerte. Die ersten drei Aufgaben verlangten im Wesentlichen einen Vergleich der Pläne und Erwartungen, die die Studierenden während der Vorbereitung formuliert hatten, mit dem tatsächlichen Ablauf des Lehr-Lern-Labors und forderten die Studierenden auf, Verbesserungsvorschläge für eine theoretische neue Erprobung zu entwickeln. Diese Schritte entsprechen dem regelmäßig von Lehrenden zu durchlaufenden Prozess der Selbstevaluation ihres Unterrichts. Die folgenden drei Aufgaben fokussierten auf die Reflexion der Erfahrungen im Lehr-Lern-Labor, den Einsatz der Videografie als Reflexionsinstrument und, vor dem Hintergrund der

im Seminar erworbenen Kenntnisse, die Reflexion über Schülervorstellungen. Die letzte Aufgabe forderte die Studierenden auf, konkrete Schlussfolgerungen aus den vorausgegangenen Überlegungen für ihre zukünftige Tätigkeit als Lehrer zu ziehen. Für die Beantwortung dieser letzten Aufgabe mussten die Erkenntnisse der ersten sechs Aufgaben gewichtet werden, bevor die Studierenden die für sie individuell wichtigsten Schlussfolgerungen formulieren konnten. Die Arbeitsergebnisse dieser Phase gingen in die folgende Phase zur Vorbereitung der Präsentation ein.

4. Arbeitsphase: Vorbereitung der Präsentation

In dieser letzten Phase der Seminarstunde erhielten die Studierenden die Möglichkeit, eine Präsentation ihrer Auswertungsergebnisse vorzubereiten. In dieser Präsentation sollten sie den anderen Studierenden zuerst kurz die selbst entwickelte Seminarstunde vorstellen. Anschließend legten sie die Ergebnisse ihrer Evaluation dar, indem sie berichteten, welche Aspekte ihrer Planung besonders gut und welche weniger gut funktioniert hatten. Auch Änderungsvorschläge oder Ideen zur Opti–mierung der Unterrichtssequenzen wurden mit den anderen Studierenden geteilt. Um den Fokus auch in der Abschlusspräsentation noch einmal auf die Thematik des Seminars – Schülervorstellungen – zu lenken, wurden die Studierenden dazu aufgefordert, konkret zu benennen, ob sie während der Durchführung ihrer Unterrichtssequenz die erwarteten Schülervorstellungen diagnostizieren und ggf. sogar verändern konnten. Zum Abschluss ihrer Präsentation sollten die Studierenden eine Frage- oder Problemstellung aufwerfen, die ihnen vor oder während der Arbeit mit den Schülern Schwierigkeiten bereitet hatte. Diese Frage- oder Problemstellung sollte eine Diskussion in der Lerngruppe anregen, die an den Präsentationsergebnissen anknüpfte.

4.2.2.3.5 Präsentation

Die Studierenden präsentierten ihre Analysen und Ergebnisse in den letzten beiden Seminarsitzungen. Hierzu standen alle innerhalb der Räumlichkeiten des Instituts für Chemiedidaktik vorhandenen Medien, u. a. Beamer, Dokumentenkameras, Overhead-Projektoren, Tafeln und Flip-Charts, zur Verfügung. Bezüglich der Gliederungen der Präsentationen orientierten sich die meisten Studierenden an den vorgegebenen Impulsfragen. Die Präsentationen dauerten zehn Minuten.

Zusätzlich zur reinen Präsentation der Ergebnisse sollte jede Studierendengruppe eine Frage- oder Problemstellung aufwerfen, die ihnen vor oder während der Arbeit mit den Schülern Schwierigkeiten bereitet hatte. Diese Frage- oder Problemstellung

wurde mit dem Ziel einer gemeinsamen Lösungsfindung in der Seminargruppe diskutiert. Eine solche Diskussion als verpflichtender Bestandteil der Präsentation war als Konsequenz aus der Präsentationsphase der Pilotierung ergänzt worden. Zum einen war diese Phase, in der eine Präsentation in einem straffen Zeitplan an die nächste gereiht vorgetragen wurde, von einigen Studierenden sowie auch von den Lehrenden als sehr anstrengend und teilweise mit Informationen überfüllt empfunden worden. Zum anderen konnte eine Studierendengruppe, die sich innerhalb der Feedbackphase nicht mit anderen Studierenden austauschen wollte und auch keinen Wunsch der Rückmeldung an die Lehrenden herangetragen hatte, im ersten Durchgang des Seminars die Veranstaltung verlassen, ohne – während der Reflexion – eine Rückmeldung erhalten zu haben oder angehalten worden zu sein, sich mit weniger ergiebigen Aspekten ihrer Arbeit auseinanderzusetzen. Die verpflichtend integrierte Diskussion über solche Aspekte der Planung und/oder Durchführung der Unterrichtssequenzen konnte diese Lücke zumindest partiell füllen und führte zu einer regelmäßigen Aktivierung aller Studierenden während der Präsentationsphase. Die Diskussionen dauerten je nach Fragestellung zwischen fünf und fünfzehn Minuten und wurden zu den meisten Fragestellungen engagiert geführt.

4.2.3 Evaluation und Reflexion

Die Evaluation und Reflexion der Hauptuntersuchung sollte Auskünfte darüber liefern, ob die für den zweiten und dritten Mesozyklus formulierten Zielsetzungen durch die Durchführung der Intervention erreicht werden konnten. Darüber hinaus sollten die Ergebnisse dieser Evaluation in die Retrospektive Analyse des designbasierten Forschungsprojektes eingehen. Wie während der Pilotierung musste die Evaluation in die Bedingungen einer realen Ausbildungssituation eingebettet ablaufen, wodurch der zeitliche Umfang auf ein für die Studierenden zumutbares Maß begrenzt bleiben musste.

4.2.3.1 Die Evaluationsinstrumente

Zu Beginn der Hauptstudie wurden die während der Pilotierung entwickelten Evaluationsinstrumente überarbeitet. Während des dritten Mesozyklus hatten sie ein der finalen Evaluation angemessenes Niveau erreicht. Die drei Evaluationsinstrumente, die im Prä-, Post- und Follow-up-Design eingesetzten Fragebögen, die im Prä-Post-Design geführten Interviews und die seminarbegleitend angefertigten Portfolios werden folgend vorgestellt.

4.2.3.1.1 Fragebögen

Der in der Hauptstudie zur Evaluation des Seminars eingesetzte Fragebogen wurde als speziell auf das Seminar angepasstes Evaluationsinstrument entwickelt, das nicht nur Kenntnisse der Studierenden über Schülervorstellungen und Diagnosemöglichkeiten im Chemieunterricht erhob, sondern auch Informationen bezüglich Subjektiver Theorien und Handlungsstrategien im Umgang mit Schülervorstellungen offenlegen sollte.

Der Fragebogen wurde im Sommersemester 2012 entwickelt und mit 35 Studierenden erprobt. Die überarbeitete Version wurde im Wintersemester 2012/13 während der Pilotierung des Seminars eingesetzt. Eine weitere Überarbeitung fand im Anschluss an die Pilotierungsphase statt. Insgesamt nahmen 67 Studierende an dieser Pilotierung teil. Zwischen der Pilotierung und dem ersten Zyklus der Hauptuntersuchung wurden die primär quantitativ auszuwertenden Anteile des Fragebogens durch vier Experten begutachtet und nach deren Anmerkungen überarbeitet. Im Anschluss an die erste Hälfte der Hauptuntersuchung wurden noch einmal kleinere Änderungen vorgenommen. Fragen zu dem Themenfeld Forschendes Lernen in der Schule wurden aus dem Fragebogen entfernt, da der Fokus der Veranstaltung noch stärker auf das Themenfeld der Schülervorstellungen gelegt wurde.

Die Fragen zum Thema *Schülervorstellungen* wurden wie bereits im ersten Mesozyklus aus dem Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen abgeleitet. Sie erfragten, inwieweit Studierende

- Beispiele empirisch erforschter Schülervorstellungen kannten,
- Schülervorstellungen diagnostizieren und antizipieren konnten,
- Ursachen von Schülervorstellungen diagnostizieren und antizipieren konnten,
- in der Lage waren, Unterrichtsinhalte und Unterrichtsverläufe im Hinblick auf die Ausbildung oder Veränderung alternativer Schülervorstellungen zu reflektieren, und
- Strategien entwickeln konnten, um mit Schülervorstellungen im Chemieunterricht umzugehen.

Der zweite Teil des Fragebogens fragte nach *Subjektiven Theorien* der Studierenden zu Ursachen von Schülervorstellungen und Umgangsweisen mit ihnen. Den dritten Teil bildeten *Fragen zu persönlichen und studiengangsbezogenen Daten* der Teilnehmer.

Wie bereits in der Pilotierung wurden die Inhalte des Fragebogens – bis auf wenige Ausnahmen, die in der Beschreibung der Fragen genannt werden – nicht explizit im Seminar thematisiert. Eine fachlich angemessene Lösung der Aufgaben kann also nicht auf reines Auswendiglernen der Seminarinhalte zurückgeführt werden, sondern gibt einen Hinweis darauf, ob das notwendige Wissen und die notwendigen Fähigkeiten zur Lösung der Aufgabe im Seminar erfolgreich erworben werden konnten. Der finale Fragebogen wurde durch eine Expertenvalidierung von drei Experten – als für den gewünschten Zweck geeignet – validiert.
In die Evaluation werden alle Aufgaben einbezogen, die während beider Semester der Hauptstudie Teil des Fragebogens waren. Während der Semester der Hauptstudie (Sommersemester 2013 und Wintersemester 2013/14) nahmen insgesamt 52 Studierende an der Evaluation des Seminars durch den entwickelten Fragebogen teil. 48 Studierende nahmen an beiden Befragungen bei. Von diesen 48 Studierenden erklärten sich 26 Studierende nach ungefähr einem halben Jahr bereit, den Fragebogen erneut zu beantworten, wodurch Rückschlüsse auf die längerfristige, über die Dauer des Semesters hinausreichende Wirkung des Seminars möglich wurden.

4.2.3.1.2 Interviews

Im Rahmen der Evaluation wurde vor Beginn und nach Abschluss der Veranstaltung zur Überprüfung der Wirkung der entwickelten und erprobten Seminareinheit ein Leitfadeneinzelinterview mit allen beteiligten Studierenden durchgeführt.
Vor der Durchführung des Interviews wurde ein Interviewleitfaden entwickelt, der der Interviewerin als Anleitung diente. Alle Interviews wurden von der Verfasserin dieser Arbeit persönlich durchgeführt, da diese das notwendige Maß inhaltlicher Involviertheit aufbrachte, um flexibel auf die sich ergebenden Gesprächssituationen und Antworten reagieren zu können und gegebenenfalls Nachfragen im Sinne des Forschungsprojektes stellen zu können. Das Anlernen anderer Interviewer wäre vergleichsweise aufwendig gewesen und erwies sich aufgrund der überschaubaren Probandenzahl als nicht notwendig. Die Teilnahme an den beiden Interviews war für die Studierenden verpflichtend, um einen Leistungsnachweis zu erhalten.
Alle Interviews wurden, wenn dies nicht durch die Studierenden abgelehnt wurde, audiografiert. Nach Abschluss des Seminars wurden alle Studierenden, deren Interviews audiografiert worden waren, um die schriftliche Erlaubnis zur Auswertung und Nutzung der Mitschnitte für wissenschaftliche Zwecke gebeten. In die hier vorgestellten Ergebnisse der Auswertung gehen daher nur die Interviews ein, für die

eine Einverständniserklärung der Befragten zur Auswertung und anonymen Veröffentlichung vorliegt.
Aufgrund des Bildungsniveaus der Probanden, die alle die allgemeine Hochschulreife erworben hatten, wurden die sprachlichen Fähigkeiten und sonstige kommunikative Kompetenzen aller Befragten als ausreichend hoch eingeschätzt, um an einem Leitfadeninterview teilzunehmen. Diese Annahme konnte auch während der Erprobungen der Evaluationsinstrumente bestätigt werden.
Die erste Befragung, das Prä-Interview, erfolgte in der ersten Woche des Semesters. Nachdem die Studierenden in der ersten Seminarstunde den Fragebogen beantwortet und eine bewusst kurz gehaltene Einführung in die Thematik Schülervorstellungen[31] erhalten hatten, wurden bis zur nächsten Seminarsitzung individuelle Interviewtermine vereinbart. Die Entscheidung, die Interviews zwischen der ersten und zweiten Seminarstunde durchzuführen, wurde aus zwei Gründen getroffen. Zum einen wäre es nicht möglich gewesen, alle Studierenden schon vor Beginn des Semesters zur Durchführung eines Interviews zu verpflichten, da die Dozentinnen erst in der ersten Seminarstunde einen realistischen Überblick über die Teilnehmer ihrer Veranstaltung erhielten. Zum anderen sollte das Interview im Anschluss an die Beantwortung des Fragebogens stattfinden, damit gegebenenfalls noch Nachfragen zu dort geäußerten Antworten an die Studierenden gestellt werden konnten.
Für die zweite Befragung, das Post-Interview, wurden mit den Studierenden individuelle Termine im Anschluss an die Vorlesungszeit vereinbart. Die Termine lagen zwischen einem Tag und zwei Wochen nach der letzten Seminarstunde. Bei der Vergabe dieser Termine wurde besonderer Wert auf die Wünsche der Studierenden gelegt, da diese das Interview nicht als übermäßige Belastung empfinden sollten.

Das Prä-Interview

Die Fragen des Prä-Interviews fokussierten auf Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Subjektive Theorien der Studierenden im Kontext Schülervorstellungen. Der Interviewleitfaden des Prä-Interviews befindet sich im Anhang B.
Die Fragen wurden u. a. auf Grundlage des Modells der wünschenswerten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten (vgl. 3.3 Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen) entwickelt und

[31] In der ersten Stunde wurde die Auseinandersetzung mit Themen im Kontext Schülervorstellungen bewusst kurzgehalten um eine Beeinflussung der Antworten in den Prä-Interviews so gering wie möglich zu halten.

decken drei der vier dort operationalisierten Themenbereiche – Ursachen und Diagnose von Schülervorstellungen sowie mögliche Umgangsweisen mit Schülervorstellungen – ab. Das Themenfeld Schülervorstellungen wurde indirekt erfragt. Die Frage nach Möglichkeiten, Verständnisschwierigkeiten ihrer Schüler vorzubeugen, ist als Transferaufgabe zu verstehen. Im Vergleich zu den Portfolios (vgl. 3.4.6 Portfolios) war das Interview als reines Evaluationsinstrument gedacht. Die der Veranstaltung vorgeschalteten Gespräche mit allen Studierenden über das Kernthema des Seminars ermöglichten einen, über die Selbstauskünfte der Studierenden im Fragebogen hinausgehenden, tieferen Einblick in das Vorwissen der Studierenden. Die in diesen Gesprächen gewonnenen Erkenntnisse wurden in die Planung der Veranstaltung integriert. Die Positionierung des ersten Interviews im Anschluss an die erste Seminarstunde, in der die Beantwortung des Fragebogens stattgefunden hatte, bot zusätzlich noch die Möglichkeit, Nachfragen bezüglich der Antworten des Fragebogens direkt und zeitnah an die Studierenden zu richten.

Das Post-Interview

Im Anschluss an die letzte Seminarsitzung wurden individuelle Termine für die Durchführung eines weiteren Interviews vereinbart. Dieses Interview enthielt dieselben Fragen wie das zu Beginn des Seminars geführte Gespräch. Zusätzlich wurden die Studierenden gebeten, Fragen zur Bewertung des Seminars und zum Einsatz der Videografie während der Durchführung der Unterrichtssequenz zu beantworten. Der Interviewleitfaden des Post-Interviews befindet sich ebenfalls im Anhang B.
Sowohl im Prä- als auch im Post-Interview wurde zusätzlich Zeit eingeplant, um gegebenenfalls Nachfragen bezüglich unklarer oder fehlender Antworten innerhalb des Fragebogens zu stellen.

4.2.3.1.3 Portfolios

Wie schon während der Pilotierung (Abschnitt 4.1.3.1.3) erfüllte das seminarbegleitend von jedem Studierenden angefertigte Portfolio mehrere Funktionen. Zum einen diente es als *Leistungsnachweis*, da es besonders geeignet erschien, eine Passung zwischen dem didaktischen Konzept und dem institutionell geforderten Leistungsnachweis zu schaffen. Zum anderen unterstützte es – als *Reflexionsinstrument* – die Studierenden bei der Nachbereitung der Seminarstunden und der Reflexion über Lernprozesse und Lernfortschritte. Die im Verlauf des Seminars primär als Reflexionsinstrumente und Leistungsnachweise verstandenen Portfolios wurden im

Anschluss an das Seminar zusätzlich auch noch zur *Evaluation* der Veranstaltung herangezogen. Auf Grundlage der Evaluation der Pilotierung und unter Berücksichtigung der sehr heterogenen Erfahrung der Studierenden mit Portfolioarbeit wurde diese in beiden Seminaren der Hauptuntersuchung durch Impulsfragen angeleitet. Dies erleichterte zum einen den Studierenden, die nur sehr wenig oder gar keine Erfahrung mit dem Erstellen eines Portfolios hatten, die Aufgabe. Zum anderen ergab sich durch die Beantwortung der Impulsfragen ein höheres Maß an Vergleichbarkeit der Studentenäußerungen, was wiederum deren Auswertung im Rahmen der Evaluation erleichterte. Ein Überblick über alle im Wintersemester 2013/14 eingesetzten Impulsfragen befindet sich im Anhang C.

Die Impulsfragen der ersten Seminarsitzung erfragten u. a. die Wünsche und Erwartungen der Studierenden an die Veranstaltung. Die Studierenden wurden aufgefordert, die Beantwortung dieser Impulsfrage der Seminarleiterin innerhalb einer Woche zukommen zu lassen, so dass die Wünsche und Erwartungen der Studierenden für die folgende Seminarplanung berücksichtigt werden konnten. Die Impulsfragen während der Phase der Theoretischen Fundierung bezogen sich im Wesentlichen auf die Nachbereitung und Reflexion der Seminarinhalte.

Die folgend genannten Aufgaben/Fragen wurden während der Theoretischen Fundierung mehrfach gestellt:

- Skizzieren Sie kurz die Inhalte des Seminars.
- Was habe ich heute Neues erfahren?
- Welche Bedeutung haben die neu kennengelernten und die wiederholten Inhalte für meine zukünftige Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer?
- Das Bemerkenswerteste der Seminarsitzung war für mich...

Diese Aufgaben/Fragen waren so allgemein formuliert, dass sie für mehrere Seminarsitzungen sinnvoll zu beantworten waren, sie wurden jeweils noch um mindestens eine, speziell auf die Sitzung angepasste, Frage ergänzt. Die allgemein formulierten Fragen können den Studierenden auch über die konkrete Veranstaltung hinaus Hilfestellung zur Erstellung eines Portfolios, z. B. in anderen universitären Veranstaltungen oder im Rahmen der schulischen Lehrerausbildung, geben.

Während der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung des Lehr-Lern-Labors wurde der nachbereitende Charakter der Impulsfragen aufgehoben. Stattdessen unterstützten die Impulsfragen die Studierenden bei der Planung und Nachbereitung der praktischen Phase und halfen ihnen, die für viele recht anspruchsvolle Aufgabe zu strukturieren.

Die Impulsfragen der letzten Seminarsitzung erfragten, ob die Erwartungen der Studierenden erfüllt wurden oder nicht, forderten eine Reflexion über im Seminar abgelaufene Lernprozesse, baten um eine Bewertung der Videografie und zuletzt um eine freie (leitfragengestützte) Bewertung des Seminars.

4.2.3.2 Methodisches Vorgehen zur Evaluation

Als Instrumente für die Evaluation der Intervention wurden Interviews und Fragebögen im Prä- und Post-Design eingesetzt. Zusätzlich konnten die primär als Reflexionsinstrumente für die Studierenden verwendeten Portfolios als Artefakte in die Evaluation einbezogen werden. Die Evaluation erfolgte durch eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden. Die quantitative Evaluation stützte sich auf statistische Verfahren (vgl. 7 Glossar statistischer Methoden). Nicht unmittelbar quantifizierbare Quellen, z. B. Antworten der Studierenden in Interviews, wurden erst einer Inhaltsanalyse im Sinne Frühs[32] (2007) unterzogen. Details zum methodischen Vorgehen werden folgend für alle Evaluationsinstrumente vorgestellt.

4.2.3.2.1 Methodisches Vorgehen zur Auswertung der Fragebögen

Die hier beschriebenen Aufgaben des Fragebogens wurden in zwei aufeinander folgenden Semestern in der hier dargestellten Weise – unverändert – gestellt und von allen Studierenden des Seminars beantwortet. Nach ungefähr sechs Monaten wurden alle Studierenden noch einmal per E-Mail kontaktiert und um erneute Beantwortung der Fragen gebeten. Die letzte Datenerhebung (im Folgenden „Follow-up-Test“) sollte Hinweise darauf liefern, ob beobachtete Effekte langfristig waren.
Da die letzte Befragung nur den Teil der Studierenden erfasste, die freiwillig bereit waren, den Fragebogen noch einmal zu beantworten, müssen die Ergebnisse vor dem Hintergrund dieser nicht umfassenden Stichprobe kritisch betrachtet werden.

4.2.3.2.1.1 Qualitative Auswertung

Die Auswertung der Ergebnisse offener Fragen des Fragebogens erfolgte nach der folgend beschriebenen, an Mayring orientierten Inhaltsanalyse, folgend auch Typ I genannt. Auf Grundlage der theoretisch erwarteten Antworten wurde deduktiv ein Codierschema entwickelt, das während des ersten Codiervorgangs durch weitere sinnvolle, induktiv aus dem Material gewonnene Items ergänzt wurde. Dieses

[32] „Die Inhaltsanalyse ist eine empirische Methode zur systematischen, intersubjektiv nachvollziehbaren Beschreibung inhaltlicher und formaler Merkmale von Mitteilungen, meist mit dem Ziel einer darauf gestützten interpretativen Inferenz auf mitteilungsexterne Sachverhalte.“ (Früh 2007, S. 27)

Codierschema wurde einem anderen, an der Entwicklung des ersten Schemas unbeteiligten Codierer übergeben, der es exemplarisch anwandte. Während dieser Codierung aufgetretene Schwierigkeiten wurden besprochen und ggf. Änderungen am Codierschema vorgenommen. Das finale Codierschema wurde von einem Codierer auf den kompletten Datensatz angewandt. Zur Überprüfung der Intercoderreliabilität wurden mindestens 30 % des Datensatzes von einem anderen Codierer ebenfalls codiert. Die Intercoderrelabilität wurde mithilfe des Jaccard-Koeffizienten bestimmt. Der Jaccard-Koeffizient erteilt Auskunft über den relativen Anteil gemeinsamer Eigenschaften bezogen auf die als vorhanden codierten Variablen (Backhaus et al. 2011). Der Koeffizient errechnet sich mit folgender Formel:

$$Jaccard - Koeffizient = \frac{a}{a + b + c}$$

Dabei entspricht *a* der Anzahl der Items, die von beiden Codierern als vorhanden codiert wurden; *b* steht für die Anzahl der Items, die nur von einem Codierer als vorhanden codiert wurden und *c* für die Anzahl der Items, die vom jeweils anderen Codierer codiert wurden. Der Koeffizient kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen und „wie ein quantitatives Reliabilitätsmaß interpretiert werden“ (Fussangel 2008, S. 131). Werte größer 0.7 werden als zufriedenstellend angesehen (Bos 1989).
Erreichte die doppelte Codierung einen Jaccard-Koeffizienten größer 0.7, wurde das Codierschema als final in die Auswertung übernommen. Bei kleineren Werten erfolgte eine erneute Überarbeitung des Schemas mit anschließender unabhängiger Codierung durch zwei Codierer. Dieser Vorgang wurde so lange wiederholt, bis eine Intercoderreliabilität von mindestens 70 % erreicht worden war (d.h. Jaccard-Koeffizient > 0.7).

4.2.3.2.1.2 Quantitative Auswertung

Der Fragebogen enthielt zwei Typen von Aufgaben, die quantitativ ausgewertet wurden. Der erste Aufgabentyp setzte bei der oben beschriebenen qualitativen Analyse an. Nach der Codierung der Antworten auf offene Fragen wurde das Ergebnis der Codierung quantitativ ausgewertet. Abhängig von der errechneten Häufigkeit der Antworten erfolgte entweder die Berechnung eines exakten Tests nach Fisher (auch Fishers exakter Test genannt) – bei errechneten Häufigkeiten kleiner fünf (vgl. 7.5 Fishers exakter Test) – oder des McNemar-Tests – bei errechneten Häufigkeiten von größer gleich fünf (vgl. 7.3 McNemar-Test). Beide Tests liefern Informationen darüber, ob die Veränderung der Anzahl an Nennungen zwischen dem Prä- und dem

Post-Test als signifikant bezeichnet werden kann. Die Berechnung der Ergebnisse der Studierenden, die auch am Follow-up-Test teilgenommen haben, erfolgte analog, zuerst für den Prä- und Post-Test und anschließend für den Post- und Follow-up-Test. Der Berechnung der Signifikanz mittels Fishers exaktem Test oder dem McNemar-Test wurde die Berechnung des Cochran-Tests vorgeschaltet (vgl. 7.4 Cochran-Test). Dieser Test errechnet, ob überhaupt eine signifikante Änderung zwischen den drei Tests vorliegt. Ist dies der Fall, kann mit Hilfe der o. g. Tests bestimmt werden, zwischen welchen Erhebungszeitpunkten eine signifikante Änderung stattgefunden hat. Auf die Durchführung einer Bonferroni-Korrektur für die Ergebnisse der Prä-, Post- und Follow-up-Tests wurde zugunsten einer besseren Vergleichbarkeit und aufgrund des primär explorativen Charakters der gesamten Studie verzichtet (vgl. Empfehlung von Bender et al. 2007).

Der zweite, quantitativ statistisch auszuwertende Fragentyp erzeugte direkt in der Erhebung Zahlenwerte, z. B. indem die Studierenden Einschätzungen auf einer Likert-Skala vornahmen oder vorgegebenen Inhalten Zahlenwerte z. B. als Ausdruck ihrer Gewichtung zuordneten. Auch für diese Aufgaben wurde bestimmt, ob zwischen den beiden/drei Erhebungszeitpunkten signifikante Änderungen der Antworten stattgefunden haben. Für die Berechnung des Unterschiedes zwischen dem Prä- und dem Post-Test aller Studierenden der beiden Semester der Hauptstudie (48 Studierende) wurde der t-Test (vgl. 7.1 t-Test) zur Signifikanzbestimmung angewendet. Unter diesen Bedingungen ist der t-Test voll aussagekräftig. Aufgrund seiner Robustheit liefert der t-Test auch für kleinere, nicht normalverteilte Probandengruppen, z. B. die Probandengruppe der Studierenden (26 Studierende), die an allen Befragungen teilgenommen haben, in der Regel sinnvolle Ergebnisse. Zur Überprüfung wurde für die Signifikanzberechnungen dieser Gruppe zu den drei Erhebungszeitpunkten aber noch ein Wilcoxon-Test (vgl. 7.2 Wilcoxon-Test) durchgeführt, der als nichtparametrischer Test für diese Bedingungen empfohlen wird. In der überwiegenden Zahl der Fälle stimmen die Ergebnisse zwischen t-Test und Wilcoxon-Test bezüglich der Signifikanz überein. In diesen Fällen wird der t-Test angegeben. In den zwei Fällen, in denen die beiden Testergebnisse unterschiedliche Signifikanzen hervorbrachten – der t-Test ergab eine leichte Signifikanz auf dem Signifikanzniveau 10 %, der Wilcoxon-Test zeigte aber keine signifikante Veränderung – wurde das Ergebnis des Wilcoxon-Tests berücksichtigt.

Aufgaben, die ordinalskalierte Ergebnisse erzeugten, da sie keine unabhängigen Bewertungen der einzelnen Items zuließen, sondern eine Gewichtung der Items erforderten, wurden nach dem Wilcoxon-Test ausgewertet.

Unabhängig von Test-Typ werden folgende Symbole angewendet, um signifikante Veränderungen als solche zu kennzeichnen: ** kennzeichnet signifikante Änderungen des Signifikanzniveaus 5 %, * kennzeichnet signifikante Änderungen des Signifikanzniveaus 10 %.

4.2.3.2.2 Methodisches Vorgehen zur Auswertung der Interviews

Die Auswertung des Datenmaterials der Interviews erfolgte nach einem folgend Typ II genannten Vorgehen, das – wie die Auswertung nach Typ I – an die Inhaltsanalyse von Mayring angelehnt wurde.

Für die verbalen Äußerungen der Probanden, die in Rahmen der durchgeführten Interviews entstanden und anschließend transkribiert worden waren, wurde ein anderes Analysesystem entworfen und angewandt. Die Notwendigkeit hierfür resultierte vor allem daraus, dass die verbalen Aussagen in den meisten Fällen vielschichtiger und weniger präzise auf die gestellten Fragen eingingen, wodurch die Antworten einen größeren Interpretationsspielraum als die schriftlichen Antworten des Fragebogens zuließen. Um auch für die aus diesen Daten gewonnenen Ergebnisse eine möglichst hohe Validität erzielen zu können, wurden die individuellen Codierungen einer interpersonalen Konsensbildung (konsensuelle Validierung) unterzogen (Bortz und Döring 2006).

Aus dem vorhandenen Datenmaterial wurden auf zwei unterschiedliche Weisen Codierschemata entwickelt. Für Aufgaben, deren Antworten antizipiert werden konnten, wurden zuerst deduktiv Kategorien entwickelt. Die Antworten der Studierenden wurden diesen Kategorien zugeordnet. Die Kategorien wurden anschließend auf ihre Plausibilität und den Umfang der Antworten, die sich abdeckten, überprüft und anschließend induktiv weiterentwickelt. Aus diesen zweistufig entstandenen Kategorien wurde ein Codierschema entwickelt. Aus Aufgaben, deren Antworten nicht oder lediglich vereinzelt antizipiert werden konnten, wurden die sie beschreibenden Kategorien induktiv entwickelt.

Die entstandenen Codierschemata wurden von einem, nicht an der Entwicklung des Schemas beteiligen, Codierer exemplarisch erprobt. Rückmeldungen bezüglich Schwierigkeiten bei der Zuordnung einzelner Items oder Ungenauigkeiten der Codes wurden an den Entwickler des Schemas zurückgemeldet und von diesem in einer überarbeiteten Fassung des Schemas integriert. Das finale Codierschema wurde dann von beiden Codierern auf den kompletten Datensatz angewandt. Aufgrund des größeren interpretativen Anteils bei der Zuordnung der Codes fand anschließend eine

interpersonale Konsensbildung stand. Die Einigkeit der beteiligten Codierer bezüglich des Bedeutungsgehaltes der untersuchten Texte kann als „Indiz für seine Validität“ (Bortz und Döring 2003, S. 328) verstanden werden. Die Codierer verglichen ihre individuellen Ergebnisse, diskutierten diese und einigten sich auf ein gemeinsames Ergebnis. Dieses Vorgehen entspricht der wissenschaftlichen Praxis im Bereich der interpersonalen Konsensbildung. Der Konsens zwischen den Codierenden muss nicht von Anfang an bestehen. Er kann auch im Verlauf fachlich fundierter Diskussionen zwischen Fachkollegen (argumentative Validierung) erzielt werden (Bortz und Döring 2003; Bortz und Döring 2006). Die argumentative Validierung der Inhalte der Interviews erfolgte zwischen der Verfasserin dieser Arbeit und einer Mitarbeiterin des Instituts, die ausführlich in die Abläufe, Ziele und Fragstellungen des Projektes eingeführt worden war. Konnte nach ausführlicher Diskussion einer Aussage keine einheitliche Zuordnung zu einem oder mehreren Punkten des Codierschemas vorgenommen werden, wurde auf eine Zuordnung verzichtet. Das methodische Vorgehen zur Auswertung der Interviews orientiert sich an der qualitativen Inhaltsanalyse (Gläser-Zikuda 2008; Mayring 2010), wurde aber an die konkreten Materialien und die personalen Kapazitäten des Projektes angepasst.

4.2.3.2.3 Methodisches Vorgehen zur Auswertung der Portfolios

Die Portfolios der Studierenden wurden hauptsächlich als Reflexionsinstrumente für die Studierenden konzipiert. Als Artefakte konnten sie auch als Quellen für Zitate der Teilnehmer zu ausgesuchten Fragestellungen verwendet werden. Anhand der aus ihnen gewonnenen Zitate konnten Fragestellungen zur Evaluation des Mesozyklus, zur Retrospektiven Analyse und zur Theoriebildung beantwortet werden. In der Bewertung der Zitate sollte zwischen Antworten auf direkte Fragen und indirekten Äußerungen unterschieden werden. Antworten auf direkte Fragen könnten sozial erwünscht verfälscht worden sein. Bei solchen Antworten sollte dichotomen Antworten (z. B. ja oder nein; gut oder schlecht) weniger Bedeutung zugemessen werden als den Begründungen. Für Aussagen von Studierenden, die in einem anderen als dem ursprünglich erfragten Zusammenhang ausgewertet wurden, kann sozial erwünschtes Antwortverhalten weitestgehend ausgeschlossen werden.
Die Portfolioeinträge zur Bewertung des Seminars wurden nach dem Vorgehen zur Inhaltsanalyse Typ II (siehe Abschnitt 4.2.3.2.2) ausgewertet. Dieser Analysetyp

wurde aufgrund der Weite der Impulsfragen gewählt und beinhaltet nach der Erstellung eines geeigneten Codierschemas zwei unabhängige Codierungen, die zum Abschluss in einer interpersonalen Konsensbildung zusammengeführt wurden.

4.2.3.3 Ergebnisse der Evaluation der Hauptstudie

Aus dem zuvor beschriebenen methodischen Vorgehen ergaben sich umfangreiche Auswertungsergebnisse der Evaluationsinstrumente Fragebögen (Abschnitt 4.2.3.3.1) und Interviews (Abschnitt 4.2.3.3.2) sowie der Portfolios (Abschnitt 4.2.3.3.3). Diese Ergebnisse werden folgend – nach Evaluationsinstrumenten sortiert – dargestellt.

4.2.3.3.1 Ergebnisse der Fragebögen

Der Fragebogen umfasste zwei verschiedene Bereiche. Zum einen enthielt er Aufgaben, die Fähigkeiten und Fertigkeiten bezüglich Ursachen, Diagnose und Umgangsweisen mit Schülervorstellungen erfragten, zum anderen erhob er Subjektive Theorien der Studierenden. Fragen zur Person und zum Ausbildungsstand wurden in der Vorbereitung der Hauptstudie (Abschnitt 4.2.1.3.1.1 und 4.2.1.3.2.1) beschrieben und werden daher hier ausgelassen. Aus beiden Semestern der Hauptstudie konnten insgesamt 48 vollständige Datensätze (bestehend aus Prä- und Post-Fragebogen) erhoben und ausgewertet werden. Ergebnisse dieser Daten werden folgend unter der Bezeichnung „Prä- und Post-Test“ zusammengefasst.
Von den 48 Studierenden der Hauptuntersuchung nahmen 26 Studierende zusätzlich an der freiwilligen dritten Beantwortung des Fragebogens ungefähr ein halbes Jahr nach Abschluss des Seminars teil. Von diesen Studierenden liegen also drei Versionen des Fragebogens vor. Die Ergebnisse dieser Gruppe werden folgend als „Prä-, Post- und Follow-up-Test“ zusammengefasst. Die Ergebnisse dieser Gruppe können Hinweise darauf geben, ob im Seminar erworbene Inhalte auch noch nach einem halben Jahr erinnert werden bzw. ob durch das Seminar hervorgerufene Vorstellungsänderungen über die Dauer der Veranstaltung hinaus anhielten.

4.2.3.3.1.1 Aufgaben, die Fähigkeiten und Fertigkeiten (FF) im Kontext Schülervorstellungen erfragen

Aufgaben dieses Typs werden nach dem nachfolgend beschriebenen Schema beschrieben. Zuerst wird die Aufgabe, so wie sie im Fragebogen formuliert war, dargestellt. Die (Schüler-)Vorstellung, die Grundlage dieser Aufgabe ist, wird genannt; anschließend wird dargelegt, ob und – wenn ja – wie diese Vorstellung im Verlauf

des Seminars thematisiert wurde und welche Schlussfolgerungen anhand der Antworten möglich sind. Sollten literaturbasiert vor der Durchführung des Fragebogens Erwartungen bezüglich der Beantwortung der Fragen vorgelegen haben, werden diese ebenfalls genannt und wenn möglich begründet. Zum Abschluss der Ergebnispräsentation werden die Ergebnisse der Gesamtgruppe (Prä- und Post-Test) und die Ergebnisse der Gruppe, die an einem dritten Erhebungszeitpunkt (Prä-, Post- und Follow-up-Test) teilgenommen hat, dargestellt.

4.2.3.3.1.1.1 Aufgabe FF 1 – Fachlich falsche Antworten und Ursachen zum Verdampfen von Vanillin

Zu Beginn des laufenden Schuljahres übernahm der frisch verheiratete Referendar Robert Bunsen-Brenner im Rahmen des bedarfsdeckenden, selbstständigen Unterrichts einen Chemie-Grundkurs in der Jahrgangsstufe 10.
Während der Vorbereitung auf die neue Aufgabe machte er sich Gedanken, welches Vorwissen, welche Vorstellungen und welche Konzepte von Chemie seine zukünftigen Schülerinnen und Schüler mit in den Unterricht bringen. Versetzen Sie sich in Herrn Bunsen-Brenners Lage...

Mit welchen falschen Antworten müsste der Lehrer rechnen, wenn er die Schülerinnen und Schüler dazu auffordert, den Verdampfungsprozess des Duftstoffs Vanillin an der Luft auf Teilchenebene zu beschreiben und zu skizzieren?

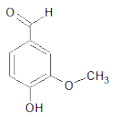


Abb. 1: Strukturformel des Duftstoffs Vanillin

Nennen Sie falsche Antworten, mit denen der Lehrer rechnen müsste.

Welche Ursachen vermuten Sie hinter den falschen Antworten?

<u>Welche Vorstellung hinterfragt diese Aufgabe?</u>
Diese Frage thematisiert Vorstellungen zu Aggregatzustandsänderungen, in diesem Fall zum Verdampfen (Marohn 2008d).

<u>Wurde das Thema der Aufgabe im Seminar thematisiert? Wenn ja, wie?</u>
Im Seminar wurde das Projekt „choice2learn“ (Abschnitt 3.4.2.6) anhand eines Beispiels zum Verdampfen von Eugenol in einer Duftlampe vorgestellt (Marohn und Egbers 2011). Dazu gehörte auch die Vorstellung der falschen und richtigen Antwortmöglichkeiten, die als Distraktoren Teil der „choice2learn“-Aufgabe sind, und eine Erklärung, wie diese Antwortmöglichkeiten aus empirischer Forschung entstanden. Anhand von Schulbuchabbildungen (aus Natur und Technik - Chemie 1 1973, S. 71; Elemente Chemie 1 2010, S. 28 und S. 46) wurde thematisiert, dass die

Verwendung des gleichen Symbols – in diesem Fall das Symbol Kugel – in verschiedenen Kontexten zu Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen bezüglich Aggregatzustandsänderungen führen kann.

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?

Im Prä-Test liefert die Beantwortung dieser Frage einen Hinweis darauf, ob die Studierenden in der Lage sind, Vorstellungen und deren Ursache zu antizipieren.
Eine eindeutige Zuordnung der Antworten zu den Fähigkeiten und Fertigkeiten des Modells zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Bereich Schülervorstellungen (Abschnitt 3.3.2) ist für den Post-Test insofern nicht einfach möglich, da ein ähnliches Beispiel im Seminar besprochen wurde. Für Studierende, die sich noch gut an dieses Beispiel und die dort vorgestellten Distraktoren erinnern, würde diese Aufgabe eine Leistung des Operationalisierungsniveaus „Wissen“ darstellen. Diese Studierenden würden durch Nennung fachlich richtiger Antworten zeigen, dass sie die abgefragte Schülervorstellung sowie deren potentielle Ursachen zum Verdampfen kennen. Da zum Zeitpunkt der zweiten Beantwortung des Fragebogens die Präsentation des Projektes „choice2learn“ und die Besprechung von möglichen Ursachen zur Erklärung der Attraktivität der Antwortmöglichkeiten bereits acht Wochen vergangen war, kann aber nicht bei jedem Studierenden davon ausgegangen werden, das die Distraktoren noch auswendig erinnert wurden. Unter diesen Voraussetzungen könnte wieder auf die Antizipationsfähigkeit der Studierenden geschlossen werden.

Erwartungen

Auf die Frage „Nennen Sie falsche Antworten, mit denen der Lehrer rechnen müsste“ könnten mehrere sinnvolle Antworten gegeben werden. Zum einen könnten die, im „choice2learn“-Projekt erhobenen und eingesetzten Vorstellungen genannt werden (Marohn und Egbers 2011):

- Die Abstände der Atome innerhalb der Moleküle werden größer.
- Das Molekül spaltet sich.
- Es findet eine Reaktion mit dem Luftsauerstoff statt.

Darüber hinaus könnten aber auch noch andere empirisch gefundene falsche Vorstellungen genannt werden, z. B. dass eine Eigenschaftsübertragung des Geruchs auf die Luft stattfindet oder dass der Stoff beim Verdampfen aufhört zu existieren (Stavy 1990). Prinzipiell ist die Frage so offen gestellt, dass sich die Studierenden, wenn sie

keine empirisch gefundenen Vorstellungen kennen, auch frei mögliche falsche Vorstellungen überlegen können.
Die Ursachen, die von den Studierenden im zweiten Teil der Frage genannt werden, sind abhängig von den im ersten Teil der Frage genannten Ursachen. Empirisch wurde nachgewiesen, dass die o. g. fachlich falschen Vorstellungen z. B. durch Alltagserfahrungen und/oder im Chemieunterricht eingesetzte Abbildungen und Modelle oder den Physikunterricht erklärt werden können (Marohn 2008d).

Ergebnisse Prä- und Post-Test zur Frage nach fachlich falschen Antworten
Bereits während der ersten Befragung nannten die Studierenden sehr unterschiedliche falsche Antworten, die Schüler auf die gestellte Frage geben könnten. Aus den Antworten der Studierenden wurden induktiv Codes entwickelt. Das zugehörige Codierschema sowie die Ergebnisse der statistischen Auswertung können in Tabelle 9 im Anhang eingesehen werden. In einigen Fällen traten inhaltliche Gemeinsamkeiten zwischen mehreren Codes auf. Diese Codes wurden unter einer, diese Codes umfassenden Oberkategorie zusammengefasst.
Vor der Veranstaltung nannten fast 40 % der Studierenden fachlich falsche Vorstellungen, die die Zersetzung bzw. Auflösung des Moleküls in seine Bestandteile thematisierten. Diese Oberkategorie wurde mehr als doppelt so häufig genannt wie andere Oberkategorien. Am zweithäufigsten wurden Antworten genannt, die das Verdampfen des Duftstoffes mit der Vernichtung des Moleküls beschrieben. Fachlich falsche Antworten dieser Kategorie wurden von ca. 17 % der Studierenden genannt. Antworten, die eine Veränderung des Moleküls oder „Teilchens“ allgemein beschrieben, und Antworten, die die Verdampfung als chemische Reaktion erklärten, wurden von ca. 15 % der Studierenden vorgeschlagen.
Items aus vier der fünf Oberkategorien wurden im Anschluss an das Seminar signifikant häufiger genannt als vor der Veranstaltung. Die signifikant häufiger genannten Items werden folgend vorgestellt:

- Die größte signifikante Veränderung war bezüglich der Oberkategorie „Veränderung der Bindungen“ zu beobachten. Items dieser Oberkategorie, die Beschreibungen verschiedener Veränderungen der chemischen Bindungen subsummiert, wurden vor dem Seminar von 10 % der Studierenden genannt. Nach dem Seminar verfünffachte sich die Anzahl der Nennungen: Die Hälfte der Studierenden nannte diese Vorstellung als mögliche Ursache für eine fachlich falsche Vorstellung. Den größten Einfluss auf die Signifikanz dieser Oberkategorie übte der Code „Der Abstand zwischen den Atomen wird beim

Verdampfen größer“ aus, der in der ersten Erhebung nicht, in der zweiten Erhebung von 17 Personen (35 % der Gesamtgruppe) genannt wurde. Auch die Vorstellung „Bindungen innerhalb des Moleküls werden gebrochen“ wurde im Post-Test zehnmal häufiger genannt als im Prä-Test, was einer signifikanten Steigerung entspricht.

- Die Oberkategorie „Veränderung des Moleküls“ zeigte eine signifikante Änderung, die durch Änderungen der beiden diese Oberkategorie umfassenden Antworten zu erklären ist. Die Vorstellung, dass beim Verdampfen eine „Vergrößerung des Moleküls“ stattfindet, wurde vor dem Seminar einmal, nach dem Seminar zwanzigmal genannt, was statistisch eine signifikante Änderung darstellt. Einen gegenläufigen Trend zeigte die zweite Antwort-Kategorie, die die Veränderung der Moleküle zwar allgemein benennt, aber nicht konkretisiert. Diese wurde im Prä-Test leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %) häufiger genannt als nach der Veranstaltung. Diese gegenläufigen Entwicklungen könnten dadurch erklärt werden, dass die Studierenden schon vor der Veranstaltung abstrakte Vorstellungen („Veränderung des Moleküls allgemein“) mitbringen, die sie durch die Inhalte des Seminars konkretisierten.
- Die Oberkategorie, die Vorstellungen zur „Zersetzung/Auflösung des Molekül“ zusammenfasst, wird im Post-Test von 72 % der Studierenden ge–nannt, was eine signifikante Steigerung gegenüber dem Prä-Test (genannt von ca. 40 % der Studierenden) darstellt. Den wesentlichen Anteil an dieser Steigerung machen dabei die im Vergleich zum Prä-Test häufiger genannten allgemein formulierten Vorstellungen und die Vorstellung der Zersetzung von Molekülen in die sie aufbauenden Atome aus. Auch die Vorstellung „Bindungen innerhalb des Moleküls werden gebrochen“ wird im Post-Test zehnmal häufiger genannt als im Prä-Test, was einer signifikanten Steigerung entspricht. Leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %) häufiger werden Vorstellungen genannt, die das Verdampfen von Eugenol als chemische Reaktion (allgemein oder mit Luftsauerstoff) beschreiben. Wie für viele der zuvor signifikant häufiger genannten Vorstellungen handelt es sich auch hier um eine im Kontext der Unterrichtskonzeption „choice2learn“ vorgestellte Vorstellung.
- Die fachlich falsche Vorstellung, dass das Vanillin seinen Aggregatzustand veränderte, wird im Post-Test nicht mehr genannt, was durch eine leicht signifikante Änderung (Signifikanzniveau 10 %) beschrieben wird. Diese Änderung ist u. a. als besonders positiv zu bewerten, da sie als Hinweis gewertet

werden kann, dass das Seminar fachlich falsche Vorstellungen bei den Studierenden verändern konnte.

Zudem ist anzumerken, dass in der zweiten Befragung insgesamt mehr als doppelt so viele potentielle fachlich falsche Vorstellungen genannt wurden wie in der ersten. Dies zeigt, dass die Studierenden im Verlauf der Veranstaltung mehr fachlich falsche Vorstellungen zur Verdampfung kennengelernt haben und diese im Kontext der Aufgabe sinnvoll anbringen konnten.

Abbildung 15 stellt die Anzahl der Nennungen innerhalb der induktiv entwickelten Oberkategorien zu fachlich falschen Antworten, mit denen der Lehrer rechnen müsste, dar. Hochsignifikante Änderungen (5 %-Niveau) sind mit zwei Sternen (**) markiert, schwächer signifikante Änderungen (10 %-Niveau) mit einem Stern (*). Diese Legende gilt für alle folgenden Abbildungen.

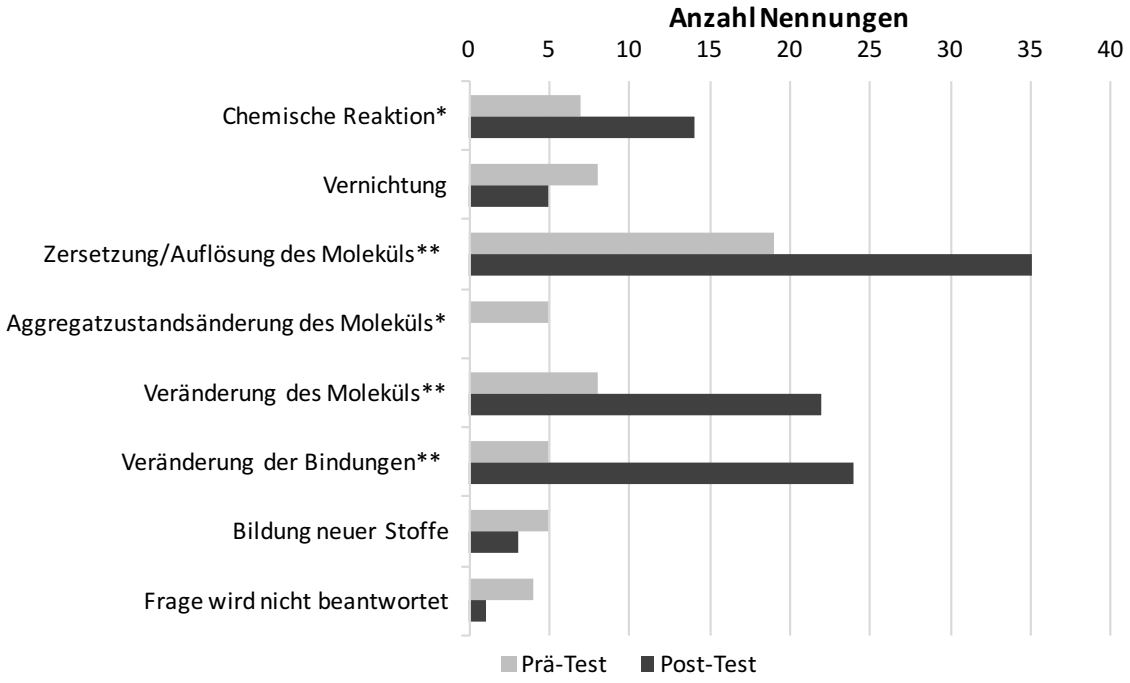


Abbildung 15: Grafische Darstellung der Nennungen zu fachlich falschen Antworten, die den Verdampfungsprozess von Vanillin beschreiben

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test zur Frage nach fachlich falschen Antworten

Das Antwortverhalten der Studierendengruppe, die freiwillig an der Beantwortung des Fragebogens zur Erhebung der Langzeitwirkung des Seminars teilnahmen, stimmte im Wesentlichen mit dem Ergebnis der Gesamtgruppe überein. Nennungen

für vier der fünf Oberkategorien veränderten sich auch in dieser Teilgruppe signifikant. Die Kategorie „Aggregatzustandsänderungen des Moleküls“ wurde auch hier nur im Prä-Test genannt.
Die Antworten der Studierenden unterschieden sich ein halbes Jahr nach der Veranstaltung nicht signifikant von den Antworten im Post-Test. Der Fähigkeit der Studierenden, nach der Veranstaltung mehr falsche Vorstellungen zu kennen und sinnvoll nennen zu können, scheint auch ein halbes Jahr nach Abschluss des Seminars noch zu bestehen.
Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse dieser Probandengruppe kann in Tabelle 10 und Tabelle 11 im Anhang eingesehen werden.

Ergebnisse Prä- und Post-Test zur Frage nach Ursachen für die fachlich falschen Antworten

Aus den absoluten Zahlen/Prozentangaben dieses zweiten Aufgabenteils ist kein sinnvoller Rückschluss möglich, da sich die Nennung von Ursachen direkt auf die genannten Vorstellungen aus dem ersten Teil der Aufgabe bezog. Die genannten Ursachen und ob sich die Nennung dieser Ursachen nach dem Seminar verändert hat, kann aber trotzdem in die Evaluation des Seminars einbezogen werden (siehe Tabelle 12 im Anhang).
Über 58 % der Studierenden nannten vor dem Seminar Ursachen, die auf die Person des Schülers zurückzuführen sind, z. B. dass der Schüler keine oder eine fachlich falsche Vorstellung habe (ca. 30 %) oder dass ihm Wissen zur Beantwortung der Frage fehle (25 %), als Ursache für die Ausbildung der fachlich falschen Vorstellungen zum Verdampfen von Vanillin. Als weitere Ursachen wurden solche genannt, die entweder aus dem Chemieunterricht (ca. 16 %), aus Alltagserfahrungen/-sprache (ca. 15 %) oder dem Einfluss anderer Unterrichtsfächer (4 %) resultierten.
Die Ursachen, die auf die Person des Schülers zurückgehen, wurden auch im Post-Fragebogen von mehr als der Hälfte der befragten Studierenden genannt. Es ergab sich also keine (signifikante) Änderung. Zwei Ursachen, die aus dem Chemieunterricht erwachsen, wurden im Post-Fragebogen signifikant häufiger genannt: „Mehrdeutigkeit des Symbols Kugel als Molekül oder Atom/Ion“ und „Inhalte des Chemieunterrichts, die die Schülerinnen und Schüler richtig erinnern, aber falsch anwenden“ (Signifikanzniveau 10 %). Die Antworten der zweiten Kategorie können zumindest teilweise auch als Umschreibung der Problematik der ersten Ursache verstanden werden, lassen aber auch noch andere Interpretationen zu. Das Ergebnis dieser Aufgabe lässt darauf schließen, dass die Studierenden Ursachen, die in der Person

des Schülers liegen, zwar nach dem Seminar noch als wichtig betrachten, dass sie aber auch andere Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen kennen und antizipieren können.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test zur Frage nach Ursachen für die fachlich falschen Antworten

Die Gruppe der Studierenden, die an allen Befragungen teilnahm, nannte die gleichen Ursachen wie die Gesamtgruppe. Die Darstellung der Ergebnisse dieser Probandengruppe ist in Tabelle 13 und Tabelle 14 im Anhang dargestellt.

Die Hälfte der Studierenden führte die Ausbildung der selbst genannten Ursachen von Verständnisschwierigkeiten sowohl im Prä- als auch im Post-Fragebogen auch auf die Person des Schülers zurück. Eine signifikante Veränderung trat in dieser Gruppe nur bezüglich der Nennung von Ursachen auf, die durch den Chemieunterricht beeinflusst werden. Zwischen dem Post- und dem Follow-up-Fragebogen trat keine signifikante Änderung der Nennungen möglicher Ursachen auf.

4.2.3.3.1.1.2 Aufgabe FF 2 – Verbrennung von Eisenwolle

Um sich einen Überblick über das Vorwissen seiner neuen Schülerinnen und Schüler zu verschaffen, verteilte Herr Bunsen-Brenner in der zweiten Unterrichtsstunde einen Diagnosebogen mit Aufgaben zu den wichtigsten Themengebieten der Sekundarstufe I.
Eine in diesem Diagnosebogen enthalte Aufgabe lautete:

Auf der rechten Waagschale einer Balkenwaage liegt ein Stück Eisenwolle, das genau so schwer ist wie ein Gewicht, das auf der linken Waagschale liegt. Die Waagschalen befinden sich im Gleichgewicht. Die Eisenwolle wird nun angezündet. Durch die großen Waagschalen wird verhindert, dass Teile der brennenden Eisenwolle durch Funkenflug verloren gehen.

Welche der folgenden Aussagen trifft zu?

Abb. 2 : Balkenwaage mit gleich schweren Objekten auf beiden Waagschalen

[A] Die linke Seite sinkt nach unten, die rechte steigt nach oben.

[B] Die Position der Waagschalen bleibt unverändert.

[C] Die rechte Seite sinkt nach unten, die linke steigt nach oben.

Über 60% der Schülerinnen und Schüler seiner Klasse entschieden sich für die falschen Antworten A oder B.

Welche Ursache(n) für diese falschen Antworten vermuten Sie?

Welche Vorstellung wird erfragt?

Diese Frage thematisiert eine bereits zu Beginn der Forschung zu Schülervorstellungen erkannte Vorstellung, die auch als Vernichtungsvorstellung beim Verbrennen bezeichnet wird (z. B. Barke und Harsch 2011). Studien zur Erforschung dieser Vorstellungen haben gezeigt, dass einige Schüler Verbrennung mit der Vernichtung des brennenden Stoffes gleichsetzen (siehe Abschnitt 3.4.2.3).

Thema im Seminar?

Der in der Aufgabe dargestellte Versuch wird im Verlauf des Seminars nicht durchgeführt und die Besprechung wird nicht durch die Seminarleitung angeregt. Vernichtungsvorstellungen werden anhand des Boyle-Versuches (vgl. Johannsmeyer et al. 2003) thematisiert.

Es wurde aber davon ausgegangen, dass die meisten Studierenden den Versuch bereits in der Schule, einer fachwissenschaftlichen Vorlesung oder auch in einer ersten fachdidaktischen Vorlesung gesehen haben und daher auch den Ausgang des Experiments kennen. In allen Durchgängen des Seminars wurde der Versuch von Studierenden als Beispiel für die Provokation eines kognitiven Konflikts genannt. Diese Äußerungen wurden als wichtige Beiträge in den Seminarverlauf integriert.

Hinweise auf welche Vorstellung kann die Frage geben?

Die Beantwortung der Aufgabe kann Hinweise darauf geben, ob die Studierenden die erfragte Ursache für die genannte fachlich falsche Vorstellung kennen. Die Aufgabe wurde in den Fragebogen aufgenommen, da davon ausgegangen wurde, dass viele Studierende diesen Versuch und die Ursachen für die falsche Vorhersage der Schüler kennen und so Ursachen für die falschen Antworten der Schüler nennen konnten. Auch während der Beantwortung des Fragebogens vor dem Seminar sollten die Studierenden das Gefühl haben, einige der Aufgaben des Fragebogens sinnvoll beantworten zu können. Durch die Integration solcher Fragen sollten Frustrationen der Studierenden über ihre Unwissenheit bei der Befragung vor dem Seminar verhindert werden. Ein deutlicher Lernzuwachs durch den Einfluss des Seminars wurde für diese Aufgabe nicht erwartet.

Erwartungen

Als Ursache für die Ausbildung von Vernichtungsvorstellungen können zum einen die Alltagserfahrung, aber auch die Alltagssprache genannt werden. Schüler, die schon vor der ersten Chemiestunde vielfach beobachtet haben, dass das Wachs einer brennenden Kerze verschwindet und dass von der Holzkohle des glühenden Grills nur ein Rest grauer Asche übrigbleibt, setzen Verbrennungen vielfach mir der Zerstörung und Vernichtung von Gegenständen gleich. Verbrennung wird nicht als Oxidation mit Sauerstoff verstanden, sondern als Vernichtung (vgl. u. a. Bergerhoff 1996; Haupt 1981; Kind 2004). Die Vorsilbe „Ver-“ wird in der deutschen Sprache

vielfach mit Auflösung oder Vernichtung assoziiert (z. B. Pflanzen vermodern, Gesteine verwittern usw.) (Barke und Harsch 2011). Es wird erwartet, dass die Studierenden mindestens eine erfragte Ursache vor und nach dem Seminar nennen können.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Das Spektrum der Antworten auf diese Frage deckte alle erwarteten Ursachen ab (vgl. Tabelle 15 im Anhang). Es wurden sowohl Alltagserfahrungen und Alltagssprache als auch Ursachen für die fachlich falsche Vorstellung genannt, die in der Person des Lernenden lagen. Sowohl vor als auch nach dem Seminar nannten ca. 90 % der Studierenden Ursachen, die in der Person des Schülers begründet lagen. Ca. 40 % nannten Alltagssprache und Alltagserfahrungen als mögliche Ursachen. Mehrfachnennungen waren möglich und aufgrund der Fragestellung nach Ursachen auch gewünscht.

Zwischen der Prä- und der Post-Erhebung konnte keine signifikante Änderung des Antwortverhaltens der Studierenden nachgewiesen werden. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Studierenden bereits zu Beginn der Veranstaltung mit dieser Schülervorstellung vertraut waren.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Ergebnisse der Studierendengruppe, die an allen Untersuchungen teilnahm, liegen bezüglich der Anzahl der genannten Ursachen leicht unterhalb der Ergebnisse der Gesamtgruppe. Ca. 85 % der Studierenden nannten in der ersten Befragung Ursachen, die in der Person des Schülers lagen und ca. 25 % Prozent der Studierenden nannten Alltagssprache und Alltagserfahrungen als mögliche Ursachen. Die detaillierten Ergebnisse der Evaluation sind in Tabelle 16 im Anhang einsehbar. Von der Prä- zur Post-Erhebung trat ein signifikanter Rückgang der Bedeutungszuschreibung in der Oberkategorie „Ursachen, die auf die Person des Schülers zurückgeführt werden“ ein, der durch die Summation nicht signifikanter Änderungen der Unterkategorien erklärt werden kann. Eine Interpretation dieser Signifikanz wird daher als problematisch angesehen, und es wird auf sie verzichtet. Die anderen Antwortmöglichkeiten zeigen keine signifikanten Änderungen zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test (vgl. Tabelle 17 im Anhang).

4.2.3.3.1.1.3 Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose

Die nächste Aufgabe lautete:

Beschreiben und skizzieren Sie den Lösungsvorgang von Zucker in Wasser auf Teilchenebene.

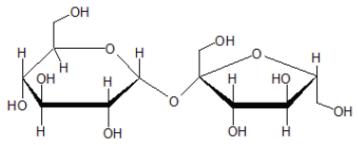


Abb. 3 Strukturformel des Haushaltszuckers (Saccharose)

Die verfassten Antworttexte und die angefertigten Zeichnungen zeigten, dass die Schülerinnen und Schüler das Lösen des Zuckers mit dem Brechen von Bindungen innerhalb der Zuckermoleküle erklären.

Welche Ursache(n) für diese Vorstellung vermuten Sie?

Welche Vorstellung wird erfragt?

In dieser Aufgabe werden Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen zum Lösen erfragt (Marohn 2008d).

Thema im Seminar?

„Lösen“ wird im Seminar als problematischer Begriff thematisiert. Die folgend beschriebenen Ursachen können (nach Marohn 2008d) zur Ausbildung der fachlich falschen Vorstellung des Zerbrechens von Molekülen beim Lösen führen; sie wurden im Verlauf des Seminars besprochen.

a) Alltagsbeobachtung
   Ein Zuckerwürfel, der in einem Glas Tee oder einer Tasse Kaffee gelöst wird, ist nicht mehr sichtbar. Aus der Erfahrung, dass „Nichts“ keine Masse hat und dem scheinbaren Verschwinden des Zuckers, kann bei Schülern die Folgerung resultieren: „Was man nicht sieht, kann auch keine Masse haben.“
b) Alltagssprache
   Im alltagssprachlichen Kontext wird „auflösen“ häufig mit einer Trennung assoziiert. Beispielsweise wird in den Verkehrsnachrichten davon gesprochen, dass sich ein Stau aufgelöst habe. Dies bedeutet, dass die Automobile, Wohnmobile, Lastkraftwagen und andere Fahrzeuge, die sich während des Staus auf dem betroffenen Stück Autobahn befunden haben, nun weitergefahren sind. Die Beteiligten des Staus haben sich voneinander getrennt bzw. trennen können. Ein anderes Beispiel ist das „Lösen von Verträgen“, das bedeutet, dass die

Vertragspartner in Zukunft nicht mehr an den Vertrag gebunden (also von ihm „getrennt“) sind.

c) Chemieunterricht

Sogar der Chemieunterricht kann dazu beitragen, bei den Schülern fachlich falsche Vorstellungen zu erzeugen oder zu festigen. In vielen Chemiebüchern für den Anfangsunterricht werden Lösungen als Mischungen von Kugeln unterschiedlicher Größe und Farben dargestellt. In dieser Darstellung repräsentiert eine Kugel ein Molekül. Für den Anfangsunterricht selbst ist diese Darstellung unproblematisch. Schwierigkeiten treten erst im Verlauf des Chemieunterrichts auf, wenn das Symbol Kugel nicht mehr nur stellvertretend für ein Molekül genutzt wird, sondern auch oder ausschließlich für ein Atom oder ein Ion stehen kann. Aus der Erinnerung an die Abbildung aus dem Anfangsunterricht kann ein Schüler in der Oberstufe eine Lösung als Mischung einzelner Atome interpretieren und den Lösungsvorgang von Zucker mit dem Brechen von Bindungen innerhalb des Moleküls erklären.

Außerdem lernen die Schüler im Chemieunterricht Lösungsvorgänge kennen, in denen wirklich Bindungen voneinander gelöst werden, z. B. die Lösung ionischer Bindungen: Löst man Kochsalz in Wasser, werden die Ionen des Kristalls hydratisiert und so aus dem Kristall gelöst. Abbildungen oder Animationen zum Lösungsvorgang eines Salzes in Wasser oder einem anderen Lösungsmittel sind in den meisten Lehrbüchern zu finden bzw. werden gerne von Lehrkräften eingesetzt, um den Lösungsvorgang zu veranschaulichen.

Als konkretes Beispiel wurde eine Aufgabe zur Löslichkeit dreier Alkane – Hexan, Neohexan und Heptan – (Studie von Prof. Marohn an der Universität Hannover; vgl. auch Marohn 2008c) vorgestellt. Der Lösungsvorgang von Zucker in Wasser ist nicht explizit Thema des Seminars.

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?

Die Antworten der Studierenden auf dieser Aufgabe können Hinweise darauf liefern, ob die Studierenden in der Lage sind, Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen zu antizipieren.

Erwartungen

Es wurde erwartet, dass die Studierenden mindestens eine der erfragten Ursachen vor und nach dem Seminar nennen konnten.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

In der Beantwortung des Fragebogens vor Beginn des Seminars hielten die Studierenden zwei Ursachenbereiche für besonders ausschlaggebend auf die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen zum Zerbrechen von Molekülen beim Lösen. Die Hälfte der Studierenden sah die Ursache der Ausbildung dieser Vorstellung beim Schüler. Die genannten Ursachen waren dabei meist defizitorientiert formuliert in dem Sinne, dass der Schüler nicht genug Wissen hätte, das vorhandene Wissen falsch anwende oder Schwierigkeiten beim Umgang mit der komplexen Strukturformel der Saccharose habe. Über 40 % der Studierenden identifizieren außerdem Ursachen innerhalb des Chemieunterrichts, die die Ausbildung der genannten fachlich falschen Vorstellung zur Folge haben können. Zu den Ursachen, die auf den Chemieunterricht zurückzuführen sind, zählen u. a. Vorstellungen zum Lösen ionischer Bindungen oder eine doppeldeutige Verwendung des Symbols Kugel für Moleküle oder Ionen sowie ein Missverständnis des Lösungsvorganges als chemische Reaktion. 22 % der Befragten nannten Alltagsbeobachtungen (der Zucker ist nach dem Lösen in Wasser nicht mehr sichtbar) als mögliche Ursachen für die Ausbildung der erfragten fachlich falschen Vorstellung. Etwa 10 % der Studierenden beantworteten die Frage entweder nicht oder in einer Weise, die die Frage nicht beantwortet (vgl. Tabelle 18 im Anhang).

Nach Abschluss des Seminars bewerteten die Studierenden den Einfluss des individuellen Schülers auf die Ausbildung der fachlich falschen Vorstellung als signifikant weniger bedeutend als zuvor. Weniger als 10 % der Studierenden nannten Unwissenheit des Schülers oder Schwierigkeiten in der Anwendung des gelernten Wissens als Ursache für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten. Alltagsbeobachtungen und der Einfluss der Alltagssprache auf die Ausbildung von Vorstellungen der Schüler wurden nach dem Seminar als signifikant wichtiger beurteilt. Über alle genannten Ursachen betrachtet fand keine Veränderung der Bewertung des Chemieunterrichts statt, allerdings wurde die Ursache, dass Lösen als chemische Reaktion falsch verstanden wird, im Post-Fragebogen nicht mehr genannt, was einem leicht signifikanten Rückgang (Signifikanzniveau 10 %) entspricht. Die Anzahl der Studierenden, die die Aufgaben nicht beantworteten, ging auf einen Studierenden zurück. Abbildung 16 stellt die Änderungen der genannten Ursachen für fachlich falsche Vorstellungen zu Lösungsvorgängen dar.

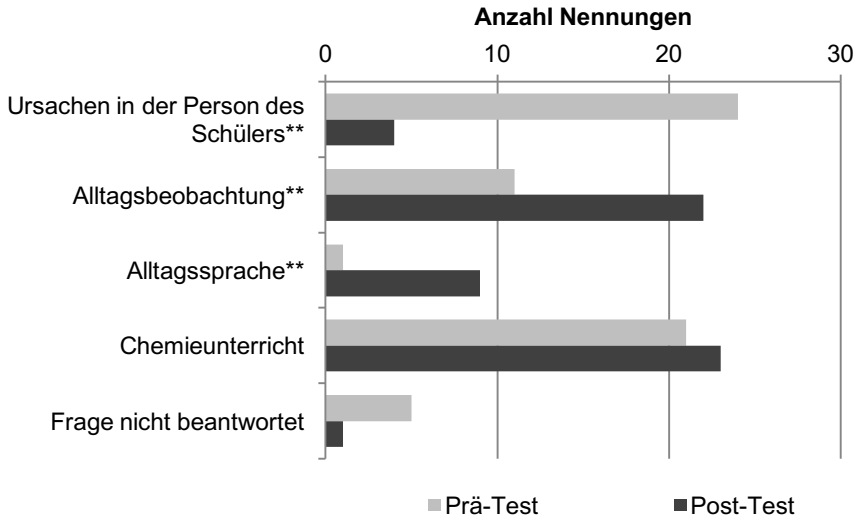


Abbildung 16: Grafische Darstellung der genannten Ursachen zu fachlichen falschen Vorstellungen zum Lösungsvorgang von Saccharose

Der Vergleich der Antworten der Studierenden vor und nach dem Seminar zeigt, dass diese die vor Beginn der Veranstaltung defizitorientierte Rolle des Schülers nach der Veranstaltung als signifikant weniger wichtig für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen einschätzen. Stattdessen bewerten sie die Einflüsse von Alltagsbeobachtungen und Alltagssprache signifikant wichtiger. Die intensive Auseinandersetzung der Studierenden mit verschiedenen Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen im Seminar hat die Studierenden vermutlich für die Vielschichtigkeit möglicher Ursachen sensibilisiert und ihnen andere, nicht personengebundene Ursachen in ihrer Bedeutung bewusst gemacht.

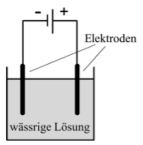
Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Studierendengruppe, die freiwillig an der Follow-up-Befragung teilnahm, unterschied sich bezüglich der Änderungen ihrer Bewertungen der Oberkategorien leicht von der Gesamtgruppe. Auch in dieser Teilgruppe ging die Einschätzung des Einflusses schülerbezogener Ursachen auf die Ausbildung der fachlich falschen Vorstellung des Zerbrechens von Molekülen beim Lösen von ca. 50 % der Studierenden im Prä-Fragebogen auf ca. 4 % im Post-Fragebogen signifikant zurück. Ebenso stieg die Bewertung der Ursache „Alltagssprache“ in diesem Zeitraum signifikant. Dem Einfluss von Alltagsbeobachtungen wies diese Gruppe im Post-Test zwar keinen rechnerisch signifikant hören Wert zu, allerdings stieg die Anzahl der Nennung immerhin um mehr als 70 % im Vergleich zum Prä-Test. Die Ergebnisse des Vergleichs von Prä- und Post-Test sind in Tabelle 19 im Anhang dargestellt.

Zwischen dem Post-Test und der Beantwortung des Fragebogens im Follow-up-Test nach einem halben Jahr traten keine signifikanten Unterschiede auf (vgl. Tabelle 20). Die beschriebene Veränderung der Sensibilität für verschiedene Ursachen von fachlich falschen Vorstellungen scheint auch ein halbes Jahr nach Abschluss des Seminars noch zu bestehen, was auf eine gewisse Stabilität des veränderten Wissens hinweist.

4.2.3.3.1.1.4 Aufgabe FF 4 – Stromfluss in wässriger Lösung

Eine weitere Frage aus Herrn Bunsen-Brenners Diagnosebogen lautete:



Welche der folgenden Aussagen beschreibt den Stromfluss in der wässrigen Lösung?

[A] Elektronen bewegen sich von einer Elektrode zur anderen Elektrode durch die Lösung.

[B] Ionen nehmen Elektronen an einer Elektrode auf und transportieren diese zur anderen Elektrode durch die Lösung.

[C] Positive und negative Ionen bewegen sich in entgegengesetzter Richtung durch die Lösung.

[D] Elektronen werden von einem Ion zum nächsten durch die Lösung weitergegeben.

Welche Vorstellungen könnten die Schülerinnen und Schüler dazu animieren, bei der folgenden Aufgabe die falschen Antworten A, B oder D anzukreuzen?

<u>Welche Vorstellung wird erfragt?</u>

„Stromfluss ist Elektronenfluss“ – so heißt es zumindest im Anfangsunterricht Physik, wenn Stromfluss im metallischen Leiter auf dem Lehrplan steht. In wässriger Lösung hingegen wird Stromfluss durch die Bewegung von Ionen vermittelt. Aus diesen zwei verschiedenen Mechanismen des Stromflusses entwickeln einige Schüler der Oberstufe fachlich falsche Vorstellungen. Häufig nutzen sie die zuerst gelernte Definition („Stromfluss ist Elektronenfluss“) auch zur Lösung von Aufgaben zum Stromfluss in wässrigen Lösungen im Chemieunterricht. Die dieser Aufgabe zugrunde gelegte Multiple Choice Aufgabe wurde zur Diagnose von Schülervorstellungen zum Ladungstransport in wässrigen Lösungen entwickelt (Marohn 1999).
Obwohl die Aufgabenstellung nur nach Vorstellungen hinter der Wahl der fachlich falschen Items fragte, haben sehr viele Studierende auch Ursachen dieser Vorstellungen genannt. Diese Antworten wurden ebenfalls codiert und statistisch ausgewertet.

Thema im Seminar?

Im Verlauf des Seminars wurden verschiedene Ursachen von Schülervorstellungen besprochen, hierzu gehörten auch Vorstellungen aus dem Physikunterricht oder Alltagserfahrungen. Fachlich falsche Vorstellungen des Begriffes „Stromfluss“ wurden im Seminar ausführlich, allerdings anhand einer anderen Multiple Choice-Aufgabe besprochen. Die Studierenden erfuhren, dass fachlich falsche Vorstellungen zum Stromfluss in wässrigen Lösungen durch mehrere Ursachen verstärkt werden können. Im Physikanfangsunterricht haben die Schüler gelernt, dass Stromfluss durch den Fluss von Elektronen vermittelt wird. Einen Fluss, im Sinne eines Fließgewässers, verbinden die Schüler mit der Erfahrung einer Fließrichtung. Auf Grundlage dieser Annahmen können Schüler Stromfluss als Elektronenbewegung in eine bestimmte Fließrichtung verstehen (Marohn 2008a). Auch fachlich falsche Vorstellungen, die sich aus dem Merksatz „Plus und Minus ziehen sich an, gleiche Ladungen stoßen sich ab“ ergeben, wurden im Seminar besprochen (Marohn 2008c).

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?

Mit dieser Aufgabe soll erhoben werden, ob die Studierenden die o. g. fachlich falschen Vorstellungen im Kontext Elektrochemie nicht nur kennen, sondern sie auch im Kontext der Aufgabe antizipieren können. Im Prä-Test wird die Aufgabe den Studierenden vermutlich unbekannt sein. Sie war auch nicht Thema des Seminars, so dass davon ausgegangen wird, dass die Aufgabe den Studierenden auch bei der zweiten Bearbeitung des Fragebogens nicht vertraut war, sondern das sie sich erneut – in der Post-Erhebung auf Grundlage des Wissens aus dem Seminar – Gedanken machen mussten, um die Aufgabe zu lösen.

Erwartungen

Die Schüler äußern durch Beantwortung der dieser Frage zugrundeliegenden Aufgabe ihre Vorstellungen darüber, wie sie sich Stromfluss in wässrigen Lösungen vorstellen. Nur eines der vier Items, Item [C], führt den Stromfluss in wässriger Lösung ausschließlich auf eine Bewegung von Ionen zurück. Den Studierenden wird in der Fragestellung vorgegeben, dass es sich hierbei um die fachlich richtige Antwort handelt, damit sich eventuelle fachliche Unsicherheiten der Studierenden nicht auf die Beantwortung der Frage nach Ursachen für falsche Antworten von Schülern niederschlagen. Außerdem sollen sich die Studierenden nicht selbst überprüft fühlen. Item [A] erklärt Stromfluss in wässriger Lösung ausschließlich mit der Bewegung von Elektronen. Diese fachlich falsche Vorstellung kann auf Vorwissen aus dem

Physikunterricht zurückgeführt werden. Die Items [B] und [D] erklären den Stromfluss durch ein Zusammenwirken von Ionen und Elektronen. Diese Vorstellung resultiert aus einer Vermischung der beiden, den Schülern aus dem Physik- und dem Chemieunterricht bekannten Mechanismen zur Leitung von elektrischem Strom.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Zur Beantwortung der Frage nach Vorstellungen, die sich hinter der Auswahl der fachlich falschen Antwortmöglichkeiten verbergen können, benannten die Studierenden acht verschiedene Vorstellungen. Jeweils mehr als 30 % der Studierenden beschrieben die Vorstellung, dass Elektronen frei in einer Lösung vorliegen (und auch wandern) können und die Vorstellung, dass Stromfluss/Elektronenfluss einen Vermittler, z. B. Ionen, benötigt. 20 % der Studierenden nannten die Vorstellung, dass Elektronen für den Stromfluss ursächlich sind, als fachlich falsche Vorstellung. Die Vorstellung, dass Stromfluss immer in eine Richtung abläuft, die der Beantwortung der richtigen Antwort [C] entgegensteht, beschrieben 10 % der Studierenden. Einzelne Studierende nannten auch Vorstellungen zur Elektrochemie, die keinen offensichtlichen Bezug zur Aufgabenstellung haben, z. B. dass Stromfluss immer in einem geschlossenen Kreis stattfinden muss (8 %). Auch allgemeine Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen wie „Fehlende Vorstellungen/Fehlendes Wissen der Schüler“ (14,5 %) oder die „Verwechslung von Begriffen/Teilchen“ (8 %) wurden genannt.

Alle vor dem Seminar antizipierten Vorstellungen wurden auch nach dem Seminar noch als Vorstellungen angeführt. Eine signifikante Steigerung zwischen der Prä- und der Post-Erhebung kann nur für die Vorstellung „Elektronen sind ursächlich für den Stromfluss“ nachgewiesen werden.

Die Studierenden nannten – wie antizipiert – sowohl Ursachen aus dem Physikunterricht als auch Alltagserfahrungen, die zur Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen führen können. Vereinzelt führten Studierende auch den Chemieunterricht an, konkretisieren dessen Ursachen aber nicht, sondern bleiben allgemein.

Die weitere Beschreibung bezieht sich auf die antizipierten Ursachen. Aus der Anzahl der Antworten zu Ursachen der Vorstellungen kann aber kein zuverlässiger Schluss gezogen werden, da Studierende, die sich an die Aufgabenstellung gehalten haben, diese nicht notiert haben. Ein Vergleich der Antworten auf diese Frage vor und nach dem Seminar zeigt, dass signifikant mehr Studierende Physikunterricht als Ursache für die Ausbildung der erfragten fachlich falschen Vorstellungen nannten.

Die Antworten sind allerdings nach dem Seminar meist allgemein formuliert. Ein signifikanter Anstieg der Nennungen konkreter Ursachen (z. B. Unterricht zu Stromfluss im metallischen Leiter) kann nicht nachgewiesen werden. Die Codes dieser Aufgabe sowie die Ergebnisse der statistischen Auswertung befinden sich in Tabelle 21 im Anhang.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Studierenden, die an allen Befragungen teilnahmen, nannten die von der Gesamtgruppe aufgeführten Vorstellungen in einem ähnlichen Verhältnis zueinander (vgl. Tabelle 22 und Tabelle 23 im Anhang). Eine signifikante Veränderung einzelner Vorstellungen konnte weder von der Prä- zur Post-Erhebung noch zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test nach einem halben Jahr nachgewiesen werden.
Bezüglich der Ursachen, die zur Ausbildung der genannten fachlich falschen Vorstellungen führen, stimmte das Antwortverhalten dieser Studierenden mit der Gesamtgruppe überein. Auch hier wurde der Physikunterricht im Allgemeinen in der Befragung nach dem Seminar signifikant häufiger genannt als vor dem Seminar.
Die dritte Befragung zeigte keine signifikanten Änderungen zum Post-Test. Das Bewusstsein der Studierenden für den Physikunterricht als Ursache von Verständnisschwierigkeiten scheint also auch ein halbes Jahr nach dem Seminar unverändert zu sein.

4.2.3.3.1.1.5 Aufgabe FF 5 – Zucker in Wasser gelöst

Außerdem wollte Herr Bunsen-Brenner überprüfen, ob seine neuen Schülerinnen und Schüler in Bezug auf den Lösungsvorgang von Zucker in Wasser den Massenerhaltungssatz berücksichtigen. Hierzu stellte er diese Aufgabe mit der Aufforderung, die richtige Antwort anzukreuzen.

100 g Zucker werden in 200 g Wasser gelöst. Die Gesamtmasse der Lösung wird bestimmt.

Welche Aussage trifft zu?

[A] Die Masse beträgt mehr als 300 g.

[B] Die Masse beträgt 300 g.

[C] Die Masse beträgt weniger als 300 g.

70% der Schülerinnen und Schüler entschieden sich für Antwort [C]. Sie gehen also davon aus, dass beim Lösen von Zucker in Wasser Masse verloren geht.
Worin könnten Ursachen für diese falsche Vorstellung liegen?

Wie sollte Herr Bunsen-Brenner auf diese Vorstellung reagieren?

Welche Vorstellung wird erfragt?

In dieser Aufgabe wurden, wie in „Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose“ Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen zum Lösen und mögliche Umgangsweisen mit diesen fachlich falschen Vorstellungen erfragt.

Thema im Seminar?

Wie in der Beschreibung zu „Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose“ ausführlich dargestellt, wurden Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falsche Vorstellungen, die zu fachlich falschen Aussagen über Lösungsvorgänge führen können, im Seminar vorgestellt.

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?

Die Beantwortung der Aufgabe kann Hinweise darauf liefern, ob die Studierenden die Ursache für die genannte fachlich falsche Vorstellung kennen und ob sie Strategien für die Veränderung dieser Vorstellung entwickeln können.
Durch die Integration dieser sowie anderer ähnlicher, für die Studierenden schon vor dem Seminar beantwortbarer Fragen (vgl. Aufgabe FF 2) sollte die Motivation der Studierenden aufrechterhalten und Frustrationen vorgebeugt werden. Ein deutlicher Lernzuwachs durch den Einfluss des Seminars wurde für diese Aufgabe nicht erwartet.

Erwartungen

Als Ursache für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen zum Lösen können Alltagserfahrungen („In Wasser gelöster Zucker ist nicht mehr sichtbar“), die Verwendung des Begriffes „Lösen“ in der Alltagssprache („Lösen wird mit Aufbrechen von z. B. Bindungen, aber auf dem Auflösen von z. B. Problemen gleichgesetzt) oder Erfahrungen aus dem Chemieunterricht (Versuche zur Volumenkontraktion, in denen eine Reduktion des Gesamtvolumens stattfindet) genannt werden. Es wurde erwartet, dass die Studierenden mindestens eine der erfragten Ursachen vor und nach dem Seminar nennen konnten.

Ergebnisse Prä- und Post- Test zur Frage nach Ursachen

Bereits vor der Veranstaltung wurden alle erwarteten Ursachen genannt. Die Codes und Evaluationsergebnisse sind in Tabelle 24 im Anhang aufgeführt. Die Ursache, dass der in Wasser gelöste Zucker nicht mehr sichtbar ist, wurde im Prä-Test von über 70 % der Studierenden und damit am häufigsten genannt. 27 % der Befragten

nannten die optische Reduktion des Gesamtvolumens als Ursache für die Ausbildung der erfragten fachlich falschen Vorstellung. Dieses Item wurde im Post-Test leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %) seltener genannt und 12 % der Studierenden identifizierten die alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs „Lösen“ als Ursache für die Ausbildung der beschriebenen fachlich falschen Vorstellung. Die Anzahl der Studierenden, die dieses Item im Post-Test nannte, verdreifachte sich, was einer signifikanten Steigerung entspricht. Dies deutet darauf hin, dass einigen Studierenden die Schwierigkeiten, die in der alltagssprachlichen Verwendung des Begriffs „Lösen“ liegen, nach dem Seminar bewusster waren und dass sie diese daher eher als Ursache identifizierten.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test zur Frage nach Ursachen

Die Studierenden der Gruppe, die an allen Befragungen teilnahmen, antworteten sehr ähnlich wie die Gesamtgruppe. Auch in dieser Gruppe kam es zwischen dem Prä- und dem Post-Test zu einer leicht signifikanten häufigeren Nennung (Signifikanzniveau 10 %) von Alltagsprache als Ursache für die fachlich falsche Vorstellung. Die Häufigkeiten der Nennungen der anderen Items blieb unverändert. Zwischen dem Ende des Seminars und der Befragung nach einem halben Jahr konnten keine signifikanten Änderungen nachgewiesen werden. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung befinden sich in Tabelle 25 und Tabelle 26 im Anhang.

Ergebnisse Prä- und Post- Test zur Frage nach Umgangsweisen

Wie aufgrund der Fragestellung intendiert, waren viele Studierende bereits in der ersten Befragung dazu in der Lage, sinnvolle Antworten auf diese Fragen zu formulieren. 37 von 48 Befragten nannten die Durchführung eines Experiments als anzustrebende Umgangsweise um die – im ersten Teil genannten – fachlich falschen Vorstellungen zu verändern. Abhängig von der genannten Schülervorstellung wurden unterschiedliche Versuchsdurchführungen beschrieben, z. B. könnte das Lösungsmittel Wasser eingedampft werden, um den gelösten Zucker wieder sichtbar zu machen oder das Experiment könnte auf einer Waage durchgeführt werden, um den Massenerhalt zu demonstrieren. Selten wurde vorgeschlagen, (ausnahmsweise!) eine Geschmacksprobe durchführen zu lassen, um die weitere Existenz des Zuckers nachzuweisen. Die Ergebnisse und die statistische Auswertung können in Tabelle 27 im Anhang eingesehen werden. Bezüglich der zu wählenden Sozialform für die Durchführung des Experiments herrschte unter den Studierenden keine Einigkeit. Je ca. ein Drittel nannte ein Demonstrationsexperiment oder Schülerexperimente als

empfehlenswert, die übrigen Studierenden legten sich diesbezüglich nicht fest. Im Post-Test wurde die Durchführung eines Experiments – unabhängig von der Sozialform – zur Veränderung fachlich falscher Vorstellungen von über 90 % der Studierenden genannt, was einer signifikanten Steigerung entspricht.
Im Prä-Test nannten 10 Studierende „den Sachverhalt noch einmal erklären“ als sinnvolle Umgangsweisen. Dass dieses Item in der Post-Befragung signifikant seltener (von 4 Studierenden) genannt wurde, könnte darauf hinweisen, dass den Studierenden nach dem Seminar Schwierigkeiten, die sich aus lehrerzentrierten Erklärungen ergeben, bewusster waren als zuvor.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test zur Frage nach Umgangsweisen

Die Antworten dieser Studierenden wichen von der Verteilung der Antworten der Gesamtgruppe insofern ab, dass zwischen dem Prä- und dem Post-Test keine signifikanten Änderungen auftraten. Auch zwischen dem Post-Test und der Befragung nach einem halben Jahr traten keine signifikanten Änderungen auf. Die detaillierte Übersicht über Ergebnisse und die statistische Auswertung ist in Tabelle 28 und Tabelle 29 im Anhang dargestellt.

4.2.3.3.1.1.6 Aufgabe FF 6 – Begriffe im Wandel am Beispiel Oxidation und Reduktion

Die Bedeutung der Begriffe Oxidation und Reduktion hat sich im Verlauf der Wissenschaftsgeschichte verändert.

Welche Verständnisschwierigkeiten kann dies bei Schülern hervorrufen, wenn dieser Bedeutungswandel im Unterricht nachvollzogen wird?

Welche Vorstellung wird erfragt?

Die Aufgabe fordert die Studierenden auf, Schülervorstellungen zu antizipieren, die sich aus dem historischen Wandel der Begriffe Oxidation und Reduktion und dem Nachvollzug dieses Wandels im Chemieunterricht ergeben können (Schmidt 1994a).

Thema im Seminar?

Dass die Vermittlung unterschiedlicher Modelle und Definitionen eines chemischen Inhalts, auch wenn sie fachwissenschaftlich als logisch aufeinander aufbauend und

somit sinnvoll verstanden werden, zu Verständnisschwierigkeiten führen kann, wurde im Seminar besprochen. Als Beispiele für Begriffe im Wandel wurden u. a. die Begriffspaare Säure/Base und Oxidation/Reduktion und der Elementbegriff genannt.

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?

Da sowohl die unterschiedlichen Bedeutungen des Oxidationsbegriffs im Unterricht als auch die daraus resultierenden Schwierigkeiten im Seminar ausführlich besprochen wurden, können fachlich richtige Antworten der Studierenden in dieser Aufgabe der Fähigkeitsstufe „Wissen“ (Vorstellungen und Ursachen von Vorstellungen kennen) zugeordnet werden.

Erwartungen

Für eine fachlich angemessene Beantwortung dieser Frage sollten die Studierenden den Wechsel zwischen den in der Schule geläufigen Definitionen (Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff, Oxidation als Elektronenübertragungsreaktion und Oxidation als Anstieg der Oxidationszahl eines Atoms) als problematisch kennzeichnen und darstellen, dass es unter den Schülern zu Verwechslungen bzw. zur Anwendung einer – im Kontext der Aufgabe – falschen Definition kommen kann. Gegebenenfalls äußern die Studierenden auch, dass frühe Definitionen, in diesem Fall die Definition von Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff, häufig im Vergleich zu später erworbenen Definitionen sehr stabil sein können (Schmidt 1994a).

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Bei der Beantwortung dieser Frage haben sich viele Studierende nicht genau an die Fragestellung nach Verständnisschwierigkeiten gehalten, sondern teilweise wurden auch Ursachen, z. B. Verwechslungen, genannt. Da die Zuordnungen der Antworten zu einer der beiden Kategorien teilweise nicht eindeutig vorzunehmen waren, wurden alle Antworten, auch die nicht ganz präzise formulierten, codiert und werden hier präsentiert. Ein Überblick über die Codes, die Ergebnisse der Fragebögen und die statistische Auswertung befindet ist in Tabelle 30 im Anhang.

Bereits in der ersten Befragung brachten die Studierenden ein gutes Fachwissen mit, sodass schon vor dem Seminar alle wichtigen Kategorien genannt wurden. Am häufigsten – von 33 % der Studierenden – wurde sowohl im Prä- als auch im Post-Fragebogen genannt, dass Schüler an der erstgelernten Definition „Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff“ festhielten. Verwechselungen zwischen verschiedenen gelernten Definitionen/Konzepten wurde im Post-Fragebogen doppelt so oft genannt

wie im Prä-Fragebogen, was aber nicht als statistisch signifikante Änderung bewertet werden darf. Statistisch signifikant häufiger nannten die Studierenden allgemeine Formulierungen, die beschrieben, dass die Schüler eine der gelernten Definitionen oder ein gelerntes Konzept anwenden, dass diese aber nicht die zuletzt gelernten oder im Kontext gültigen Definitionen/Konzepte sein müssen. Ein signifikanter Rückgang zeigte sich bezüglich Antworten, die Verwechslungen der verschiedenen Definitionen/Konzepte nahelegten. Die beiden zusätzlich aus den Antworten der Studierenden hergeleiteten Antwortoptionen „Verwirrung des Schülers“ und „Umlernen wird als demotivierend empfunden und senkt die Motivation für das Schulfach Chemie“ zeigten keine signifikanten Änderungen. Während im Prä-Fragebogen noch 10 % der Studierenden keine Antwort auf diese Frage formulierten, sank der Anteil nicht beantworteter Fragen im Post-Fragebogen auf unter 4 %.
Der Vergleich der Antworten des Prä- und des Post-Fragebogens zeigt, dass viele Studierende Schwierigkeiten, die sich hinter dem Wandel von Definitionen im Chemieunterricht verbergen, kennen und sie auch im Kontext des Begriffes „Oxidation“ anwenden können.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Das Antwortverhalten der Studierenden, die an den drei möglichen Befragungen teilnahmen, entsprach bezüglich der prozentualen Verteilung der Antworten in den meisten Codes dem Antwortverhalten der Gesamtgruppe. Abweichend fallen eine verhältnismäßig häufigere Nennung der Codes „Schüler verwechseln die verschiedenen Konzepte“ und „Schüler ist verwirrt“ auf. Außerdem lag die Anzahl der nicht beantworteten Fragen im Prä- und im Post-Fragebogen bei 4 % (eine Nennung). Die Veränderungen zwischen dem Prä- und dem Post-Fragebogen entsprechen tendenziell (Zunahme oder Abnahme der Nennungen) den Änderungen der Gesamtgruppe. Diese Änderungen erreichen allerdings aufgrund der kleinen Probandengruppe auch dann keine oder nur eine leichte Signifikanz, wenn sich Antwortanzahlen verdreifachten. Eine leicht signifikante Änderung (Signifikanzniveau 10 %) konnte bezüglich der in der Gesamtgruppe signifikant angestiegenen Antworten („Schüler wenden eines der gelernten Konzepte an. Dies muss nicht das letzte und aktuell gültige sein.“) nachgewiesen werden. Von der Post- zur Prä-Erhebung veränderte sich die Quantität der Antworten auch lediglich bezüglich eines Codes, der Umlernen als demotivierend beschreibt. Die Anzahl der Nennungen dieses Codes stieg nach einem halben Jahr leicht signifikant an (Signifikanzniveau 10 %). Da dieses Item im Prä- und im Post-Test gleich oft genannt worden war, kann dieser

Anstieg nicht durch längerfristige Effekte des Seminars erklärt werden. Die Codes und die Ergebnisse der statistischen Auswertung sind in Tabelle 31 und Tabelle 32 im Anhang dargestellt.

4.2.3.3.1.1.7 Aufgabe FF 7 – Teilchen-Begriff

Welche Schwierigkeiten können aus der Verwendung des Begriffs „Teilchen" im Chemieunterricht resultieren?

Welche Vorstellung wird erfragt?

Diese Frage thematisiert fachlich falsche Vorstellungen, die sich aus der Verwendung des Begriffs „Teilchen" im Chemieunterricht ergeben können (Barke 2006).

Thema im Seminar?

Die Mehrdeutigkeit von Begriffen wurde im Seminar an mehreren Beispielen, u. a. auch anhand des teilweise nicht eindeutig verwendeten Begriffs „Teilchen" thematisiert. Lehrer verwenden den Begriff „Teilchen" in der Regel zuerst im Zusammenhang mit der Einführung des Teilchenmodells. In diesem Zusammenhang können kleinste Teilchen Atome, Moleküle oder Ionen darstellen. Eine Differenzierung erfolgt auf der Ebene des Teilchenmodells nicht. Problematisch wird die Mehrdeutigkeit erst, wenn Schüler oder Lehrer den Begriff im fortgeschrittenen Unterricht verwenden, obwohl sie Atome, Ionen oder Moleküle sagen sollten. Die alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs „Teilchen" und sich daraus ergebende Verständnisschwierigkeiten wurden im Verlauf der Seminare nicht explizit besprochen.

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?

Die Antworten der Studierenden können Aufschluss darüber geben, ob diese Ursachen von Schülervorstellungen kennen (Mehrdeutigkeit des Begriffes) oder antizipieren (alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs) können.

Erwartungen

Es wurde erwartet, dass die Studierenden Schwierigkeiten, die sich aus der Mehrdeutigkeit des Begriffs Teilchens ergeben, und Beispiele für diese Mehrdeutigkeit nennen. Zusätzlich könnten die Studierenden in der alltagssprachlichen Verwendung des Begriffs Schwierigkeiten erkennen, z. B. in dem Sinne, dass Teilchen immer

einen Teil eines größeren Teils meint oder dass Schüler aus der plastischen Vorstellung, die sich hinter der alltagssprachlichen Bedeutung des Begriffs Teilchen verbirgt, auf die Struktur der chemischen Teilchen schließen.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Die Problematik der Mehrdeutigkeit des Begriffs Teilchen war vielen Studierenden bereits vor Beginn des Seminars bewusst. 67 % der Studierenden nannten diese bereits in der ersten Befragung als mögliche Ursache und leiteten daraus Schwierigkeiten für das Verständnis chemischer Inhalte ab. Am häufigsten wurde genannt, dass der Begriff Teilchen statt der Begriffe Atom oder Molekül genannt werde. 17 % der Studierenden nannten Schwierigkeiten, die aus der Übertragung von Eigenschaften konkreter Gegenstände entstanden, während 10 % die alltagssprachliche Bedeutung des Begriffes als kritisch kennzeichneten. 19 % der Studierenden beantworteten die Frage nicht oder formulierten eine Antwort, die die Frage nicht sinnvoll beantworten konnte. Im Post-Test konnte nur noch eine Antwort einer dieser beiden Kategorien zugeordnet werden, was einem leicht signifikanten Rückgang (Signifikanzniveau 10 %) nicht sinnvoll beantworteter Fragen entspricht. Ebenfalls leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %) – auf 83 % der Befragten – stieg die Anzahl der Antworten, die Schwierigkeiten nannten, die auf Mehrdeutigkeiten des Begriffs zurückzuführen waren. Signifikant stieg die Anzahl der Nennungen, die den Begriff Molekül als ursprünglich geplante Bedeutung für den falsch angewendeten Begriff Teilchen aufführten. Nennungen von Schwierigkeiten, die auf den alltagssprachlichen Gebrauch des Begriffs Teilchen zurückzuführen sind, wurden numerisch fast doppelt so häufig genannt; dies entspricht statistisch aber keiner signifikanten Steigerung. Ein Überblick über Codes, Antworten der Studierenden und die statistische Auswertung gibt Tabelle 33 im Anhang.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Ergebnisse dieser Gruppe stimmen nicht mit der Gesamtgruppe überein. Vom Prä- zum Post-Test kann keine signifikante Veränderung der Antworten nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 34 im Anhang), zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test sank die Anzahl der Nennungen von Schwierigkeiten, die auf Mehrdeutigkeiten des Begriffs Teilchen zurückzuführen sind, signifikant (vgl. Tabelle 35 im Anhang). Diese Änderung kann nicht aufgrund der Inhalte des Seminars oder der verstrichenen Zeit erklärt werden. Einen Hinweis auf die kurz- oder langfristige Wirkung des Seminars ist daher nicht möglich.

4.2.3.3.1.2 Aufgaben, die Subjektive Theorien (ST) erfragen

Der zweite Aufgabentyp erfragte Subjektive Theorien von Studierenden zu Schülervorstellungen. Die Evaluation dieser Aufgaben wird analog zu den Aufgaben zu Fähigkeiten und Fertigkeiten beschrieben.

4.2.3.3.1.2.1 Aufgabe ST 1 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (Gewichtung der Items ohne Oberkategorien)

Welche Subjektiven Theorien werden erfragt?

Diese Aufgabe fragt nach Subjektiven Theorien der Studierenden zu Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen.

Entwicklung der Aufgabe

Aus einer Literaturrecherche zu Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen wurden sechs Oberkategorien hergeleitet, welche die Mehrzahl der bisher empirisch erforschten Schülervorstellungen abdecken.
Die Oberkategorien lauteten:

1) Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson
2) Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler
3) Stellenwert des Faches
4) Schwierigkeiten innerhalb des Faches
5) Lebenswelt der Lernenden
6) Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer

Jeder Oberkategorie wurden vier bis sieben Items zugeordnet, welche die Kategorie inhaltlich möglichst umfassend beschreiben. Inhaltliche Überschneidungen zwischen zwei oder mehreren Kategorien traten auf, wenn ein hinterfragter Aspekt sich auf diese Kategorien auswirkt. In der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ wird z. B. danach gefragt, für wie wichtig die Studierenden mathematische Grundlagen und Methoden für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten (im Chemieunterricht) halten. Ein anderes Item in der Kategorie „Einfluss anderer Fächer“ fragt nach der Gewichtung des Einflusses von Erfahrungen aus dem Mathematikunterricht. In beiden Items wird also nach der Bedeutung des Faches Mathematik für das Verständnis chemischer Inhalte gefragt; die Blickrichtung der Frage fokussiert aber einmal auf andere Unterrichtsfächer, das andere Mal wird Mathematik als Grundlage der Chemie verstanden und hinterfragt. In diesem Fall ist die Überschneidung gewollt.

Die Kategorien sowie die Zuordnung der Items wurden im Rahmen einer Expertenvalidierung im Winter 2012/13 überprüft und anschließend überarbeitet.
Im Fragebogen des Wintersemesters 2012/13 waren die Items den Oberkategorien zugeordnet worden. Um eine Beeinflussung der Antworten auf die einzelnen Items durch die Oberkategorien zu verhindern, wurden in den folgenden zwei Durchgängen die Items nach dem Zufallsprinzip angeordnet, so dass den Studierenden keine direkte Zuordnung zu den Oberkategorien möglich war.
Zur Beantwortung der Aufgabe wurden die Studierenden gebeten, ihre Zustimmung bezüglich jedes Items auf einer sechsstufigen Likertskala zwischen den Extremen „unwichtig“ und „sehr wichtig“ anzugeben.

Thema im Seminar?
Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen wurden im Verlauf des Seminars thematisiert (vgl. 4.2.2.3.1 Theoretische Fundierung). Die Ursachen wurden anhand konkreter Beispiele verdeutlicht. Die Aufgabe fragt allerdings nicht danach, ob bestimmte Ursachen einen Einfluss auf die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen haben, sondern sie bittet die Studierenden um eine Gewichtung für deren Bedeutung. Eine solche Gewichtung wird im Verlauf des Seminars nicht vorgenommen.

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?
Die Auswertung der Aufgabe kann Hinweise darauf geben, ob sich die Gewichtung spezifischer Ursachen für Verständnisschwierigkeiten und fachlich falsche Vorstellungen und damit für die Subjektiven Theorien der Studierenden bezüglich der Bedeutung dieser Ursachen im Verlauf des Seminars verändert hat.
Die Analyse der Fragebögen der Studierenden, die nicht nur vor und unmittelbar nach dem Seminar den Fragebogen beantworteten, sondern auch ein halbes Jahr nach der Veranstaltung noch einmal ihre Gewichtung dieser Aufgabe äußerten, gibt einen Hinweis darauf, ob eine Veränderung der Subjektiven Theorien im Verlauf des Seminars nachhaltig stattgefunden hat.

Erwartungen
Nicht zuletzt aufgrund des Seminartitels („Stolpersteine im Chemieunterricht“) und des Vorwissens der Studierenden aus anderen naturwissenschaftsdidaktischen Seminaren wurde erwartet, dass die Studierenden Schülervorstellungen und deren Ursachen im naturwissenschaftlichen Unterricht als wichtig einstufen. Resultierend

aus den während der Pilotierung geführten Interviews und Gesprächen mit Studierenden wurde erwartet, dass vor Beginn des Seminars die Einstellungen, Motivationen und Eigenschaften der Schüler sowie der Lehrpersonen als besonders ausschlaggebend für die Entstehung fachlich falscher Vorstellungen eingeschätzt würden. Zusätzlich waren während der Erprobung Hinweise für eine Defizitorientierung aufgetreten, die durch die Prä-Fragebögen entweder bestätigt oder widerlegt werden sollte. Für die zweite Befragung wurde erwartet, dass Ursachen, die im Verlauf des Seminars als wichtig thematisiert worden waren, im Post-Fragebogen als wichtiger beurteilt werden würden als im Prä-Fragebogen. Die Auswertung des Follow-up-Fragebogens sollte Hinweise darauf liefern, ob Veränderungen von Subjektiven Theorien über die Bedeutung von Ursachen auch ein halbes Jahr nach der Intervention noch vorlagen oder ob eine Rückwärtsbewegung zu den ursprünglichen Subjektiven Theorien eintrat.

Ergebnisse

1. Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Tabelle 1: Darstellung der Ergebnisse aller Items (Prä- und Post-Test, Gesamtgruppe), die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson“ zugeordnet wurden

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Item***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz #***
1_6_1_4	Es ist der Lehrperson nicht gelungen, eine angenehme Lernatmosphäre zu schaffen.	4,625	4,792	0,167
1_6_1_7	Die Lehrperson ist den Schülerinnen und Schülern unsympathisch.	4,313	4,521	0,208
1_6_2_10	Die Lehrperson hat selbst falsche Vorstellungen, die sie in den Unterricht einfließen lässt.	5,146	5,334	0,188
1_6_2_8	*Die Lehrperson konnte die chemischen Sachverhalte nicht gut erklären.*	*5,417*	*5,209*	*-0,208***
1_6_3_10	Die Lehrperson hat einen methodisch schlechten Chemieunterricht durchgeführt.	5,104	5,062	-0,042
1_6_3_8	Die Lehrperson achtet nicht auf eine präzise Verwendung der Fachsprache.	4,875	5,000	0,125
1_6_4_5	*Die Lehrperson macht didaktische Reduktionen von Fachinhalten für die Schülerinnen und Schüler nicht transparent.*	*4,167*	*4,438*	*0,271***
1_6_4_6	Die Lehrperson hat die Inhalte nicht interessant vermittelt.	4,813	4,813	0

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei
* = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Die Bedeutung des Einflusses der Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson wurde – wie erwartet – bereits während der ersten Befragung als wesentlicher Faktor für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen eingeschätzt. Der Transparentmachung didaktischer Reduktionen durch die Lehrkraft wurde vor Beginn der Veranstaltung innerhalb dieser Kategorie die geringste Bedeutung beigemessen. Die Fähigkeit der Lehrperson, gut zu erklären, bewerteten die Studierenden vor der Veranstaltung als wichtigsten Einflussfaktor auf die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen.
Nach Abschluss des Seminars wurde den auf Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen zurückgeführten Ursachen weiterhin eine hohe Bedeutung zugewiesen.
Signifikante Änderungen der Bewertung wurden nur für die beiden Items beobachtet, die in der ersten Befragung als besonders wichtig bzw. als am wenigsten wichtig deklariert wurden.

- Der Einfluss eines Mangels an Bewusstmachung der durchgeführten didaktischen Reduktion durch den Lehrer wurde im Anschluss an die Veranstaltung als signifikant bedeutender eingeschätzt als vor dem Seminar.
- Die Fähigkeit des individuellen Lehrers, Sachverhalte zu erklären – in der ersten Befragung als bedeutsamste Ursache für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen bewertet – wurde im Anschluss an das Seminar als signifikant weniger wichtig eingestuft. Die Gesamtgewichtung blieb aber (mit 5,42 von 6) weiterhin hoch, was bedeutet, dass diese Ursache auch weiterhin als wesentlicher Faktor für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen gewertet wurde.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Ergebnisse der Studierenden, die an allen drei Befragungen teilgenommen haben, sind in den Tabelle 36 und Tabelle 37 im Anhang dargestellt. Sie stimmen in sechs der acht Items mit den Ergebnissen der Gesamtgruppe überein. Die Studierenden dieser Gruppe bewerteten nach dem Seminar den Einfluss eines Mangels an Bewusstmachung der durchgeführten didaktischen Reduktion durch den Lehrer ebenso signifikant bedeutender wie die Gesamtgruppe. Die Bewertung der Fähigkeit der Lehrperson, fachliche Inhalte richtig zu erklären, veränderte sich nicht. Allerdings wurde das Item „Die Lehrperson hat einen methodisch schlechten Chemieunterricht durchgeführt.“ als signifikant bedeutender gewertet.

Die Items, die zwischen dem Prä- und dem Post-Fragebogen signifikante Änderungen zeigten, veränderten sich in ihrer Bewertung zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test nicht signifikant. Eine Entwicklung zurück zu den Subjektiven Theorien vor Beginn des Seminars fand nicht statt. Ein halbes Jahr nach dem Seminar wurden zwei andere Items (vgl. Tabelle 37 im Anhang: 1_6_1_4, 1_6_1_7) als leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %) unbedeutender bewertet als unmittelbar nach dem Seminar.

2) Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Tabelle 2: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler“ zugeordnet wurden

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz und Signifikanz#***
1_6_1_6	Die Schülerinnen und Schüler vergessen viele der im vorangegangenen Unterricht erlernten Inhalte.	4,542	4,625	0,083
1_6_3_1	*Die Schülerinnen und Schüler haben kein oder nur wenig Interesse an den Inhalten des Chemieunterrichts.*	*5,250*	*5,000*	*-0,250**
1_6_3_4	Die Schülerinnen und Schüler lernen chemische Inhalte nur kurzfristig (z. B. bis zum nächsten Test), ohne sie in größere Kontexte einzuordnen.	5,208	5,187	-0,021
1_6_3_7	Die Schülerinnen und Schüler beherrschen die chemische Fachsprache nicht ausreichend.	4,542	4,646	0,104
1_6_3_9	*Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich außerhalb des Unterrichts wenig mit Chemie.*	*4,396*	*3,875*	*-0,521***
1_6_4_2	Den Schülerinnen und Schülern fehlen die kognitiven Fähigkeiten, abstrakte Sachverhalte, wie sie im Chemieunterricht unterrichtet werden, zu begreifen.	4,404	4,298	-0,106
1_6_4_8	*Die Schülerinnen und Schülern lernen chemische Formeln und Reaktionsgleichungen nur auswendig, ohne sie zu verstehen.*	*5,500*	*5,167*	*-0,333***

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei
* = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Ebenso wie die Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson wurden die Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schüler in beiden Erhebungen als wesentliche Einflussfaktoren auf die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen bewertet. Im Durchschnitt wurden die sieben Items, die diese Kategorie inhaltlich ausfüllten, im Prä-Fragebogen mit 4,83 von maximal 6, also im Bereich hoher Zustimmungswerte zur

Wichtigkeit, beurteilt. Bezüglich der Bewertung des Einflusses der Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schüler auf die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen fällt auf, dass dieser Einfluss in einigen Items vor der Veranstaltung als wichtiger eingeschätzt wurde als dies nach der Veranstaltung der Fall war. Drei der sieben Items wurden nach dem Seminar als signifikant weniger wichtig beurteilt als zuvor. Hierzu zählte das Interesse der Schülerinnen und Schüler an den Inhalten des Chemieunterrichts, mangelnde außerschulische Beschäftigung der Schüler mit chemischen Inhalten und eine mangelnde kognitive Auseinandersetzung der Schüler mit den chemischen Inhalten und Formeln, die sich besonders darin niederschlägt, dass die Schüler chemische Formeln und Reaktionsgleichungen nur auswendig lernen, ohne sie zu verstehen. Die durchschnittliche Gewichtung der Items dieser Kategorie sank vom Prä- zum Post-Fragebogen nur wenig (auf 4,68) was zeigt, dass die Studierenden Ursachen, die in der Person der Schülerinnen und Schülern liegen, sowohl vor als auch im Anschluss an das Seminar als wichtig bewerteten.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Studierenden dieser Teilgruppe bewerteten die Bedeutung des reinen Auswendiglernens chemischer Formeln und Reaktionsgleichungen nach dem Seminar leicht weniger signifikant (Signifikanzniveau 10 %) als zuvor. Bezüglich der übrigen Items fand keine signifikante Veränderung der Bewertung statt. Gleiches gilt für die Bewertungen, die ein halbes Jahr nach dem Seminar erhoben wurden. Diese wichen nicht signifikant von den Bewertungen im Anschluss an das Seminar ab. Überblicke über die Mittelwerte, deren Differenzen und die statistische Auswertung in Form dargestellter Signifikanzen können in Tabelle 38 und Tabelle 39 im Anhang eingesehen werden.

3) Stellenwert des Faches

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Tabelle 3: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Stellenwert des Faches“ zugeordnet wurden

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz und Signifikanz#***
1_6_1_2	Chemieunterricht findet oft in Randstunden des Stundenplans statt.	3,375	3,521	0,146
1_6_1_5	Das Fach Chemie wird mit einem verhältnismäßig geringen Stundenvolumen unterrichtet.	4,521	4,396	-0,125
1_6_2_2	*Chemie wird oft mit Begriffen wie „giftig“ oder „gefährlich“ in Verbindung gebracht.*	*3,563*	*4,042*	*0,479**
1_6_2_4	Chemie gilt als "schwieriges" Fach.	4,250	3,917	-0,333
1_6_3_3	*Das Schulfach Chemie wird als „Nebenfach“ weniger ernst genommen als die Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Fremdsprachen.*	*4,833*	*4,437*	*-0,396**

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei
* = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Die Kategorie „Stellenwert des Faches“ wird durch fünf Items inhaltlich aufgespannt. Mit einer durchschnittlichen Gewichtung von 4,10 liegt sie im Mittelfeld der Einschätzungen zur Wichtigkeit der Kategorien. Im Prä-Fragebogen gewichteten die Studierenden die Tatsache, dass Chemie als „Nebenfach“ weniger ernst genommen würde als die sogenannten Hauptfächer, als wichtigste Ursache innerhalb dieser Kategorie. An der Stellung als wichtigste Ursache innerhalb der Kategorie änderte sich im Post-Fragebogen zwar nichts, das Item wurde aber als leicht signifikant weniger wichtig (Signifikanzniveau 10 %) eingeschätzt. Leicht signifikant wichtiger gewichteten die Studierenden im Post-Fragebogen das Item „Chemie wird mit Begriffen wie „giftig“ oder „gefährlich“ in Verbindung gebracht“. In der durchschnittlichen Gewichtung konnte kein nennenswerter Unterschied zwischen dem Prä- und dem Post-Fragebogen nachgewiesen werden.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

In dieser Oberkategorie wichen die Ergebnisse der Studierenden, die an allen drei Erhebungszeitpunkten teilnahmen, wesentlich von den Ergebnissen der Gesamtgruppe ab: Zwischen dem Prä- und dem Post-Fragebogen waren keine signifikanten Änderungen der Bewertungen nachweisbar (vgl. Tabelle 40 im Anhang). Das in der Gesamtgruppe nach dem Seminar signifikant weniger bewertete Item „Das Schulfach Chemie wird als „Nebenfach“ weniger ernst genommen als die Hauptfächer

Mathematik, Deutsch und Fremdsprachen“ wurde von dieser Gruppe erst ein halbes Jahr später als signifikant weniger bedeutend bewertet. Ähnliche weniger signifikante Änderungen der Bewertung konnten für die Items „Chemieunterricht findet oft in Randstunden des Stundenplans statt“ und „Das Fach Chemie wird mit einem verhältnismäßig geringen Stundenvolumen unterrichtet“ nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 41 im Anhang).

4) Schwierigkeiten innerhalb des Faches

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Tabelle 4: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ zugeordnet wurden

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz und Signifikanz#***
1_6_1_8	*Im Unterricht werden vermenschlichende Umschreibungen chemischer Sachverhalte verwendet.*	*3,583*	*4,375*	*0,792***
1_6_2_1	*Einige chemische Fachbegriffe sind mehrdeutig zu verstehen.*	*4,125*	*5,146*	*1,021***
1_6_2_6	Die Abstraktheit chemischer Sachverhalte erschwert ihr Verständnis.	5,104	4,958	-0,146
1_6_3_5	*Im Unterricht werden Analogien und Metaphern aus dem Alltag verwendet.*	*3,958*	*4,333*	*0,375**
1_6_3_6	*Einige eingesetzte Modelle, Darstellungen und Abbildungen sind missverständlich.*	*4,729*	*5,187*	*0,458***
1_6_4_1	Die Chemie bedient sich mathematischer Grundlagen und Methoden, die Lernenden Schwierigkeiten bereiten.	4,208	4,229	0,021
1_6_4_4	*Im Unterricht werden verschiedene Modelle eingesetzt, um gleiche oder sehr ähnliche Sachverhalte zu beschreiben.*	*3,896*	*4,479*	*0,583***
1_6_4_7	*Die Bedeutung von (Fach-)Begriffen kann in verschiedenen Kontexten und zwischen Fächern variieren.*	*4,354*	*5,062*	*0,708***
1_6_4_9	Die didaktische Reduktion der fachchemischen Inhalte verstellt den Schülerinnen und Schülern den Blick auf das Wesentliche.	3,688	3,584	-0,104

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei
* = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Die Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ subsummiert neun Items, was sie zu der umfassendsten Kategorie des Fragebogens macht. Die durchschnittliche Gewichtung ihrer Items lag im Prä-Fragebogen bei 4,18 und sie stieg im Post-Fragebogen auf 4,59. Der Anstieg der mittleren Gewichtung ist vor allem darauf zurückzuführen, dass zwei Drittel der Items nach dem Seminar als signifikant oder zumindest leicht signifikant wichtiger für die Entstehung von Verständnisschwierigkeiten

bewertet wurden als vor der Veranstaltung. Die Beschäftigung mit Animismen, der Mehrdeutigkeit chemischer Fachbegriffe, sowie mit Stolpersteinen, die sich hinter dem Einsatz von Modellen verbergen, machten den Studierenden diese Probleme bewusst und führten dazu, dass sie viele Schwierigkeiten innerhalb des Fachs und des Unterrichts als wichtiger bewerten. Die exakten Formulierungen der Items dieser Kategorie können Tabelle 4 entnommen werden.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Ergebnisse der Teilgruppe stimmten in acht der neun Items mit der Gesamtgruppe überein. Lediglich das Item „Im Unterricht werden Analogien und Metaphern aus dem Alltag verwendet“ wurde von diesen Studierenden im Post-Fragebogen nicht signifikant bedeutender bewertet. Die Bewertung des Items blieb unverändert (vgl. Tabelle 42 im Anhang).

Zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test fanden bei acht Items keine signifikanten Veränderungen der Bewertung statt. Das Item „Im Unterricht werden verschiedene Modelle eingesetzt, um gleiche oder sehr ähnliche Sachverhalte zu beschreiben“ wurde nach dem Follow-up-Test noch einmal signifikant wichtiger bewertet als in der Post-Erhebung (vgl. Tabelle 43 im Anhang). Diese Entwicklung verstärkt die Tendenz, die dieses Item zwischen der Prä- und der Posterhebung zeigte.

5) Lebenswelt der Lernenden

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Tabelle 5: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Lebenswelt der Lernenden“ zugeordnet wurden

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz und Signifikanz#***
1_6_1_1	Lebensweltliche Erfahrungen fördern Erklärungsmuster, die im Widerspruch zu fachwissenschaftlichen Erklärungsmustern stehen.	5,167	5,355	0,188
1_6_1_9	Die Schülerinnen und Schüler sehen nur wenige Bezüge zwischen ihrer Lebenswelt und den Unterrichtsinhalten.	4,813	4,730	-0,083
1_6_2_3	*Die Bedeutung einiger chemischer Fachbegriffe stimmt nicht mit der Bedeutung desselben Begriffs in der Alltagssprache überein.*	*4,563*	*5,376*	*0,813***
1_6_2_9	*Einige durch Medien erworbene Erfahrungen stehen im Widerspruch zu Unterrichtsinhalten.*	*4,542*	*4,855*	*0,313***

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei
* = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Die vier Items der Kategorie „Lebenswelt der Lernenden“ wurden mit einer durchschnittlichen Gewichtung von 4,77 und allen einzelnen Gewichtungen größer als 4 als wichtige Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Ursachen bezeichnet. Von diesem verhältnismäßig hohen Ausgangsniveau aus wurde die Hälfte der zur Wahl gestellten Items im Post-Fragebogen als signifikant wichtiger eingeschätzt als im Prä-Fragebogen. Die beiden signifikant höher bewerteten Items beschreiben den Einfluss von den durch Medien erworbenen Erfahrungen sowie Diskrepanzen zwischen der Bedeutung einiger chemischer Fachbegriffe und der alltagssprachlichen Bedeutung desselben Begriffes. Beide Inhalte wurden im Verlauf des Seminars thematisiert und anhand ausgewählter Beispiele erläutert.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Tests

Die Studierenden, die an allen Befragungszeitpunkten teilnahmen, bewerteten nach dem Seminar das Item „Die Bedeutung einiger chemischer Fachbegriffe stimmt nicht mit der Bedeutung desselben Begriffs in der Alltagssprache überein“ signifikant wichtiger als zuvor. Bezüglich der anderen drei Items fand keine Veränderung der Bewertung statt.

Zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test fanden keine signifikanten Veränderungen statt. Ein Überblick über die Mittelwerte, deren Differenzen und die statistische Auswertung in Form berechneter Signifikanzen kann in Tabelle 44 und Tabelle 45 im Anhang eingesehen werden.

6) Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Tabelle 6: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer " zugeordnet wurden

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz und Signifikanz#***
1_6_1_3	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Mathematik-unterricht beeinflusst.	2,745	2,724	-0,021
1_6_1_10	*Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Biologieunterricht beeinflusst.*	*3,106*	*4,042*	*0,936***
1_6_2_5	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Deutschunterricht beeinflusst.	1,604	1,875	0,271
1_6_2_7	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Geographie-unterricht beeinflusst.	1,809	1,852	0,043
1_6_3_2	*Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Physikunterricht beeinflusst.*	*4,000*	*4,583*	*0,583***
1_6_4_3	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Sportunterricht beeinflusst.	1,229	1,354	0,125

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei
* = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Die Items der Kategorie „Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer", die nach der Bedeutung des Einflusses anderer Fächer für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten fragt, wurden als verhältnismäßig weniger wichtig eingeschätzt als Items anderer Kategorien. Im Prä-Test wurden die Einflüsse des Physik-, Biologie- und des Mathematikunterrichts (in absteigender Reihenfolge) als besonders wichtig angesehen. Im Post-Interview wurden zwei der sechs Items als signifikant wichtiger bewertet als vor dem Seminar. Sowohl der Einfluss des Physikunterrichts als auch der Einfluss des Biologieunterrichts wurden im Anschluss an die Veranstaltung „Stolpersteine im Chemieunterricht" als signifikant wichtiger beurteilt als zuvor. Die höhere Gewichtung ist vermutlich auf die Beschäftigung mit Ursachen von Verständnisschwierigkeiten, die sich aus diesen beiden Fächern ergeben können, zurückzuführen. Im Seminar waren auch einzelne Beispiele aus dem Mathematikunterricht genannt worden, die einen Einfluss auf das Verständnis chemischer Inhalte ausüben können. Zu einer signifikanten Änderung der Bewertung des Einflusses des Mathematikunterrichts führten diese nicht. Aufgrund dieser Beobach-

tung kann vermutet werden, dass sich die Anzahl der genannten Beispiele im Seminar direkt auf die Einschätzung des Einflusses auswirken könnte. Die im Seminar anhand mehrerer Beispiele erläuterten Items wurden im Post-Fragebogen signifikant häufiger genannt. Dass sich die Bewertung des Einflusses von Deutsch-, Geografie- und Sportunterricht auf die Ausbildung von chemischem Verständnis im Verlauf des Seminars nicht signifikant veränderte, gibt einen Hinweis auf die gezielte und reflektierte Einschätzung der einzelnen Items durch die Studierenden. Die Studierenden bewerten nachweislich nicht prinzipiell alle Items/Ursachen als wichtiger.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Auch in dieser Oberkategorie stimmen die Ergebnisse der Studierenden, die an allen Befragungen teilgenommen haben, mit den Ergebnissen der Gesamtgruppe überein. Die Befragten bewerteten den Einfluss des Physikunterrichts und des Biologieunterrichts im Anschluss an die Veranstaltung „Stolpersteine im Chemieunterricht“ als signifikant wichtiger als vor der Veranstaltung (vgl. Tabelle 46 im Anhang).
Der Follow-up-Test zeigte, dass der Einfluss des Physikunterrichts nach einem halben Jahr signifikant weniger bedeutsam bewertet wurde als unmittelbar nach dem Seminar. Die anderen Items zeigten keine signifikanten Änderungen (vgl. Tabelle 47 im Anhang).

4.2.3.3.1.2.2 Aufgabe ST 2 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (Hierarchisierung der Oberkategorien)

Nachdem Sie sich in der letzten Aufgabe intensiv mit Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern im Chemieunterricht beschäftigt haben, möchte ich Sie bitten, eine Bewertung der unten genannten Oberkategorien bezüglich ihrer Bedeutung für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen vorzunehmen.

Bitte nehmen Sie eine Gewichtung der aufgeführten Oberkategorien vor, indem Sie die Wertungen 1 bis 6 in die Felder eintragen, die den Kategorien vorangestellt sind. Jede Gewichtung darf nur einmal vergeben werden.

Die zuvor genannte Kategorie halte ich, bezüglich der Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen, für...
1 = die bedeutsamste , 2 = weniger bedeutsam als 1 aber bedeutsamer als 3, usw.
5 = die am wenigsten bedeutsame

- ☐ **Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson**
- ☐ **Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler**
- ☐ **Stellenwert des Faches**
- ☐ **Schwierigkeiten innerhalb des Faches**
- ☐ **Lebenswelt der Lernenden**
- ☐ **Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern**

Begründen Sie Ihre Gewichtung.

Welche Subjektiven Theorien werden erfragt?

Diese Aufgabe erfragte – ebenso wie Aufgabe ST 1 – Subjektive Theorien über Ursachen für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten. In dieser Aufgabe wurden die der Aufgabe ST 1 zugrunde gelegten Oberkategorien explizit genannt und sollten von dem Studierenden hierarchisiert werden.

Thema im Seminar?

Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen wurden während der Theoretischen Fundierung im Seminar thematisiert. Die Ursachen wurden anhand konkreter Beispiele besprochen, eine Gewichtung der vorgestellten Ursachen wurde nicht vorgenommen.

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?

Die Auswertung der Aufgabe kann Hinweise darauf geben, ob sich die Gewichtung von Ursachen für Verständnisschwierigkeiten und fachlich falsche Vorstellungen – und damit die Subjektiven Theorien der Studierenden bezüglich der Bedeutung dieser Ursachen –im Verlauf des Seminars veränderte. Für die Interpretation sollte berücksichtigt werden, dass das Fragenformat nur eine Gewichtung zulässt. Die Studierenden müssen für den Fall, dass sie zwei oder mehrere Ursachen gleichbedeutend bewerten, eine Gewichtung vornehmen. Die Skalierung dieser Aufgabe wird daher als Ordinalskala[33] verstanden.

Erwartungen

In der Vorbereitung des Seminars durchgeführte Interviews und die Evaluation des ersten Mesozyklus zeigten, dass viele Studierenden mit personenzentrierten Vorstellungen bezüglich der Ursachen zur Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen in die Veranstaltung kamen; die Bedeutung der Lehrperson und der Schüler wurden entsprechend hoch gewichtet. Im Seminar lernten die Studierenden auch andere Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen wie z. B. Schwierigkeiten innerhalb des Faches oder in der Interaktion mit anderen Unterrichtsfächern kennen. Es wurde erwartet, dass sich das Wissen über die Vielfalt von Ursachen auf die individuellen Erklärungsmuster auswirken würde.

[33] Zur statistischen Auswertung wurde daher der Wilcoxon-Test herangezogen.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Vor der Veranstaltung erachteten die Studierenden – wie erwartet – Ursachen, die sich aus Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson (Mittelwert 2,10) ergaben, am bedeutendsten für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen, dicht gefolgt von den Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler (Mittelwert 2,27). Die Rolle des Lehrers wurde also leicht bedeutender eingeschätzt als die Rolle der Lernenden. Als wichtigste nicht personenbezogene Ursache bewerteten die Studierenden die Schwierigkeiten innerhalb des Faches (Mittelwert 3,13) und die Lebenswelt der Lernenden (Mittelwert 3,52). Den Stellenwert des Faches (Mittelwert 4,52) auf die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen und Schülervorstellungen bewerten die Studierenden ebenso wie die Erfahrung aus anderen Unterrichtsfächern (Mittelwert 5,46) eher wenig bedeutsam. Der Vergleich der Mittelwerte zeigt, dass diese trotz der gewichtenden Aufgabenstellung, die die Probanden zur Verwendung aller Gewichtungsstufen verpflichtete, verhältnismäßig weit auseinanderlagen (vgl. Tabelle 48 im Anhang).

Auch nach dem Seminar bewerteten die Studierenden Ursachen, die sich aus Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson (Mittelwert 2,65) und der Schülerinnen und Schüler (Mittelwert 2,67) ergaben, als am wichtigsten. Die Gewichtung der Rolle der Lehrperson sank dabei allerdings signifikant im Vergleich zum Prä-Test, und der Vergleich der beiden Mittelwerte zeigt, dass diese sich annäherten und die Rolle der Lehrenden als nahezu identisch hoch mit der Rolle der Lernenden eingeschätzt wurde.

Ursachen, die sich aus der Lebenswelt der Lernenden (Mittelwert 2,94) ergeben, wurden im Post-Test signifikant bedeutender gewichtet und verdrängen so Schwierigkeiten innerhalb des Faches (Mittelwert 3,27) von der drittwichtigsten Position. Die Reihenfolge der übrigen beiden Ursachentypen veränderte sich durch die Veranstaltung nicht, Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern (Mittelwert 4,73) wurden allerdings im Post-Test signifikant wichtiger bewertet als im Prä-Test. Die Streuung der Mittelwerte reduzierte sich im Post-Test deutlich, was als Hinweis dafür gewertet werden kann, dass die befragten Studierenden die genannten Ursachen weniger einheitlich hierarchisierten.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Ergebnisse der Studierenden, die an allen Erhebungszeitpunkten teilgenommen haben, wichen leicht von denen der Gesamtgruppe ab. Sie sind in der Tabelle 49 und

Tabelle 50 in Anhang dargestellt. In der ersten Befragung gewichteten diese Probanden Ursachen, die sich aus Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler ergaben, leicht wichtiger (Mittelwert 2,00) als die Rolle der Lehrperson (Mittelwert 2,08). Die Reihenfolge der übrigen Ursachen entsprach dem Ergebnis der Gesamtgruppe.

Im Post-Test wurden Ursachen, die auf Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson zurückzuführen sind, signifikant weniger bedeutend gewichtet (Mittelwert 2,85), innerhalb der Hierarchisierung aller Ursachen nahmen sie weiterhin die zweite Stelle ein. In der Befragung nach einem halben Jahr kehrte sich dieser Trend wieder leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %) um.

Der für die Gesamtgruppe beschriebene Positionswechsel zwischen den Ursachentypen Lebenswelt der Lernenden (Mittelwert 2,96) und Schwierigkeiten innerhalb des Faches (Mittelwert 3,27) konnte auch in dieser Probandengruppe beobachtet werden. Die dieser Reihenfolgeänderung zugrundeliegenden Veränderungen sind allerdings nicht signifikant. Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern wurden im Post-Test signifikant bedeutender bewertet als im Prä-Test, im Follow-up-Test fand bezüglich dieses Items keine signifikante Änderung statt. Das Item Stellenwert des Faches, dessen Bewertung sich nach dem Seminar nicht signifikant verändert hatte, wurde nach einem halben Jahr signifikant wichtiger bewertet als unmittelbar nach der Veranstaltung.

4.2.3.3.1.2.3 Aufgabe ST 3 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (unabhängige Bewertung der Oberkategorien)

Bewerten Sie die aufgeführten potentiellen Ursachen danach, für wie wichtig Sie deren Einfluss für das Entstehen von Verständnisschwierigkeiten.

Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson

unwichtige Ursache ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtige Ursache

Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler

unwichtige Ursache ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtige Ursache

Stellenwert des Faches

unwichtige Ursache ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtige Ursache

Schwierigkeiten innerhalb des Faches

unwichtige Ursache ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtige Ursache

Lebenswelt der Lernenden

unwichtige Ursache ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtige Ursache

Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern

unwichtige Ursache ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtige Ursache

Welche Subjektiven Theorien werden erfragt?

Diese Aufgabe fragt die Studierenden nach ihrer Einschätzung der Bedeutung des Einflusses sechs genannter potentieller Ursachen für die Entstehung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen. Die sechs genannten Kategorien wurden der Entwicklung und Expertenvalidierung von Aufgabe 1.7 entnommen, die nach subjektiven Vorstellungen der Studierenden fragte. Den Studierenden dürfte ein direkter Bezug zwischen diesen beiden Aufgaben nicht zwangsläufig bewusst geworden sein, da die Kategorien, die in Aufgabe 1.7 zur Strukturierung der Items galten, in diesem Zusammenhang nicht genannt wurden. Die Studierenden wurden aufgefordert, ihre Bewertung auf einer sechsstufigen Likert-Skala vorzunehmen.

Thema im Seminar?

Im Verlauf der Veranstaltung werden alle sechs genannten Kategorien als Ursachen für die Ausbildung von fachlich falschen Vorstellungen anhand von mindestens zwei Beispielen besprochen. Eine in dieser Aufgabe geforderte Gewichtung zwischen unwichtigen und sehr wichtigen Ursachen wurde im Verlauf der Veranstaltung nicht vorgenommen.

Erwartungen

Die Antworten der Studierenden können Hinweise auf die subjektive Gewichtung der erfragten Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen geben und darauf, ob/wie sich diese Vorstellungen durch den Besuch des evaluierten Seminars verändern.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Die Auswertung der Antworten ergab, dass sich die Bewertung von zwei der sechs Kategorien, die potentiell zur Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen führen können, zwischen dem Beginn des Seminars und dem Abschluss des Seminars signifikant verändert hat.

Die beiden Kategorien (Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson sowie der Schülerinnen und Schüler), die die am Lernprozess beteiligten Personen in den Blick nahmen, wurden sowohl im Prä- als auch im Post-Test als sehr wichtig eingestuft. In allen Datenerhebungen lag der Mittelwert der Einstufungen auf einer sechsstufigen Likertskala – zwischen den Extremen unwichtig (1) und sehr wichtig (6) – bei größer 5. Diese Kategorien wurden in allen Erhebungen als die

wichtigsten Einflussfaktoren auf die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen bewertet. In diesen Kategorien fanden keine signifikanten Veränderungen der Bewertung statt. Ebenso wiesen die Items „Stellenwert des Faches“ und „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“, deren Mittelwerte in allen Erhebungen bei ca. 3 bzw. 4 lagen, keine signifikanten Änderungen der Bewertung bezüglich ihres Einflusses auf die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen auf.
Die Kategorien „Lebenswelt der Lernenden“ und auch „Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern“ werden nach Abschluss des Seminars als signifikant wichtigere Ursachen für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten beurteilt. Die Kategorie „Einfluss anderer Unterrichtsfächer“ war vor dem Seminar mit einer mittleren Bewertung von 2,5 die am wenigsten wichtig eingeschätzte Kategorie. Nach dem Seminar wird sie im Durchschnitt wichtiger eingeschätzt als der Stellenwert des Faches. Die Lebenswelt der Lernenden wurde vor und nach der Veranstaltung als drittwichtigster Faktor hinter den personenbedingten Faktoren für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten bewertet. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung hierzu befinden sich in Tabelle 51 im Anhang.
Die beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass den meisten Studierenden Ursachen für fachlich falsche Vorstellungen, die in den Personen des Lehrers oder des Schülers begründet liegen, bereits vor dem Seminar bewusst waren, und dass sie diese auch als wesentlich für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen bewerteten. Bezüglich des Einflusses der Items „Lebenswelt der Lernenden“ und „Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern“ lagen möglicherweise nur wenige konkrete Vorstellungen vor. Die exemplarische Vermittlung von Ursachen dieser Kategorien im Seminar (Abschnitt 4.2.2.3) scheint den Studierenden deren Bedeutung bewusst gemacht zu haben. Dieses neu entwickelte Bewusstsein könnte zu der beobachteten signifikanten Höherbewertung dieser Kategorien in der Post-Befragung geführt haben.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Ergebnisse der Studierenden, die zusätzlich freiwillig an dem Follow-up-Test teilgenommen haben, der ein halbes Jahr nach dem Abschluss des Seminars stattfand, weisen große Ähnlichkeiten mit den Ergebnissen der Gesamtgruppe auf. Bezüglich der Reihenfolge der Wertung aller Kategorien und der sehr wichtigen Bewertung der beiden personenbezogenen Kategorien stimmen die Ergebnisse dieser

Teilmenge mit den Gesamtdaten überein. Auch die Kategorien „Lebenswelt der Lernenden“ und „Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern“ werden nach dem Seminar als signifikant wichtigere Ursachen für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten beurteilt. Zusätzlich zur Gesamtgruppe stieg in dieser Teilmenge der Probanden die Bewertung der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ signifikant von der Prä- zur Post-Erhebung. Die Änderung könnte ebenfalls auf die Bewusstmachung entsprechender Beispiele im Seminar zurückgeführt werden (vgl. Tabelle 52 im Anhang).
Die mit der Gesamtgruppe übereinstimmenden Kategorien veränderten sich in der Befragung nach einem halben Jahr nicht im Vergleich zur Post-Befragung, sondern blieben auf deren Niveau. Die Bewertung der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ ging in dieser Gruppe wieder signifikant zurück (vgl. Tabelle 53 im Anhang). Diese rückläufige Entwicklung könnte durch „Vergessen“ oder durch Überlagerung der gelernten Inhalte im Verlauf des nächsten Semesters verursacht worden sein.

4.2.3.3.1.2.4 Aufgabe ST 4 – Reaktionen auf fachlich falsche und fachlich richtige Antworten

Stellen Sie sich vor, Sie unterrichten in einer 9. Klasse das Fach Chemie. Auf eine Ihrer Fragen gibt ein Schüler eine fachlich falsche Antwort.

Wie reagieren Sie?

In der Parallelklasse, die Sie ebenfalls unterrichten, stellen Sie dieselbe Frage und erhalten spontan eine fachlich richtige Antwort.

Wie reagieren Sie in diesem Fall?

Welche Subjektiven Theorien werden erfragt?

Diese beiden Aufgaben skizzieren Unterrichtssituationen und fragen die Studierenden, wie sie auf diese Situation reagieren würden. Die Situationen sind bewusst sehr offen formuliert. Die Studierenden sollen bei der Beantwortung dieser Fragen ihr erwartetes Verhalten allgemein beschreiben. Es wurde davon abgesehen, den Studie-

renden exemplarisch richtige und falsche Antworten in Form von Unterrichtsvignetten zu beschreiben, da für Studierende im dritten Studiensemester nicht davon ausgegangen werden kann, dass sie den exemplarischen Fachinhalt im Lehrplan verorten oder einschätzen können und ob die gestellte Frage von einem Schüler der genannten Leistungsstufe fachlich richtig beantwortet werden kann.
Diagnose im Schul- und Hochschul-Unterricht kann nur dann erfolgreich sein, wenn die Schüler und Studierenden sich offen und ohne Angst vor Fehlern äußern und ihre Vorstellungen darlegen.

Thema im Seminar?
Diese Frage war nicht explizit Teil des Seminars. Einige Inhalte des Seminars, z. B. die konstruktivistische Lerntheorie, vermitteln Wissensgrundlagen, die dazu führen können, dass sich das antizipierte Verhalten der Studierenden verändert. Veränderungen des Antwortverhaltens von Prä- zum Post-Interview können daher als Transferleistungen der Studierenden verstanden werden.

Hinweise auf welche Fähigkeiten kann die Frage geben?
Durch den Einsatz dieser Fragen soll ein Einblick in von den Studierenden antizipiertes Verhalten im Unterricht gegeben werden. Selbstverständlich kann aus diesen Antworten nicht direkt auf tatsächliches Verhalten geschlossen werden. Die Auswertung der Antworten soll zeigen, ob sich die von den Studierenden selbst erwarteten Reaktionen im Verlauf des Seminars verändern.

Erwartungen
Chemieunterricht wurde in der Vergangenheit häufig durch ein vom Lehrer geleitetes Unterrichtsgespräch geprägt (Sumfleth und Pitton 1998). Die Schüler beantworten Fragen der Lehrperson oft in Ein- und Zweiwortsätzen; solche Antworten lassen allerdings nur wenige Rückschlüsse auf die konkrete Ausformung der Vorstellungen des Schülers zu (Heinecke 1997b). Lehrer, die Aussagen ihrer Schüler gewinnbringend in den Unterricht integrieren und den individuellen Lernprozess ihrer Schüler unterstützen möchten, sollten daher gegebene Antworten – unabhängig von ihrer fachlichen Richtigkeit – ernst nehmen und auch noch einmal auf das dahinterliegende Verständnis überprüfen (vgl. Sumfleth und Pitton 1998 nach Dierks und Weninger 1988). Denn hinter richtigen Antworten können falsche Vorstellungen stehen und fachlich falsche Antworten können durch sehr kluge Gedanken der

Schüler begründet werden. Wünschenswert wäre, wenn die Antworten der Studierenden darauf hindeuten würden, dass sie jede Antwort der Schüler ernst nehmen und auf ihre fachliche Richtigkeit überprüfen, indem sie fachlich richtige Antworten z. B. noch einmal erklären lassen. Auch fachlich falsche Antworten sollten die Schüler ruhig noch einmal erklären, damit der Lehrer möglicherweise einen Hinweis auf die Ursache der fachlich falschen Vorstellung bekommt. So sehr sich ein Lehrer über die fachliche Richtigkeit einer Schülerantwort freut, sollte er immer auch sicherstellen, dass nicht nur der antwortende Schüler die richtige Antwort kennt. Hierzu kann er z. B. andere Schüler die Antwort in ihren eigenen Worten begründen lassen.

Ergebnisse zum Verhalten bei falscher Antwort

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Die Auswertung der Antworten der Gesamtgruppe zu Beginn und nach Abschluss des Seminars zeigt, dass mehr als doppelt so viele Studierende, nachdem sie das Seminar erfolgreich absolviert hatten, den Schüler, der eine fachlich falsche Antwort geäußert hat, seine Antwort begründen ließen. Ebenfalls signifikant mehr Studierende (allerdings signifikant nach dem Signifikanzniveau 10 %) würden nach dem Seminar andere Schüler die Frage beantworten lassen und diese Schüler auch dazu anregen, ihre Antwort zu erklären. Einen Überblick über Codes, Antworten der Studierenden und die statistische Auswertung gibt Tabelle 54 im Anhang.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Studierenden, die an allen Befragungen teilgenommen haben, zeigten bei dieser Aufgabe ein anderes Antwortverhalten als die Gesamtgruppe. Die Items, für die in der Gesamtgruppe signifikante Änderungen nachgewiesen werden konnten, blieben in dieser Gruppe zwischen dem Prä- und dem Post-Interview unverändert. In dieser Teilgruppe der Studierenden wurde das Item „Lehrer gibt Hilfestellung/Impulse, mit deren Hilfe (alle) Schüler auf die richtige Antwort kommen können“ nach dem Seminar signifikant häufiger genannt. Alle Codes, Mittelwerte und Ergebnisse der t-Tests sind in Tabelle 55 im Anhang dargestellt.

In der Befragung ein halbes Jahr nach der Veranstaltung gaben leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %) weniger Studierende an den Schüler dazu aufzufordern, seine Antwort zu begründen; die übrigen Codes wichen nicht von der Bewertung im Post-Test ab (vgl. Tabelle 56 im Anhang).

Ergebnisse zum Verhalten bei richtiger Antwort

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Vor Beginn des Seminars äußerten mehr als die Hälfte der Studierenden, dass sie einen Schüler, der eine an ihn gerichtete Frage fachlich richtig beantwortet, loben würden. 60 % dieser Studierenden nannten Lob als einzige Reaktion. Die übrigen kombinierten das Lob mit anderen Reaktion, z. B. würden sie einen anderen Schüler die Frage noch einmal beantworten lassen (diese Antwort nannten insgesamt 18 % der Befragten) oder selbst noch einmal den Inhalt der richtigen Antwort erläutern. 16 % der Befragten würden noch einmal überprüfen, ob auch andere Schüler in der Klasse die richtige Antwort sowie deren Inhalt verstanden haben. 13 % würden den Schüler bitten, seine Antwort zu erklären/begründen. Im Post-Fragebogen nannten signifikant weniger Studierende (nur noch 37 %), dass sie den Schüler für seine richtige Antwort loben würden. Dies scheint zuerst einmal eine negative Veränderung darzustellen, da Lob eine wichtige positive Rückmeldung für den Schüler ist und das Schüler-Lehrer-Verhältnis positiv beeinflussen kann. Aufgrund eines auffälligen Anstiegs anderer genannter Reaktionen wird davon ausgegangen, dass der Rückgang dieser Kategorie nicht als Abschätzung der Schülerantwort zu verstehen ist, sondern dass vielmehr das erworbene didaktische Wissen des Seminars zur Beantwortung dieser Frage herangezogen wird. 78 % der Studierenden, die angaben, die Schüler loben zu wollen, ergänzten dieses Lob um mindestens eine weitere Reaktion. Die Anzahl der Studierenden, die den Schüler seine richtige Antwort erklären/begründen lassen würde, verdoppelte sich, was einer leicht signifikanten Änderung (Signifikanzniveau 10 %) entspricht. Insgesamt scheint das Bedürfnis der Studierenden zu überprüfen, ob auch andere Schüler in der Klasse die Frage richtig beantworten könnten, gestiegen zu sein. Signifikant mehr Studierende gaben an, dass sie auch andere Schüler den Inhalt erklären lassen würden (39 %), und die Anzahl derer, die die Klasse fragen würden, ob der Inhalt verstanden wurde oder ob noch Fragen bestehen, stieg leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %; auf 19 % der Befragten) an. Die Codes dieser Aufgabe sowie die Ergebnisse der statistischen Auswertung befinden sich in Tabelle 57 im Anhang.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Studierenden, die an allen Erhebungszeitpunkten teilnahmen, zeigen in dieser Aufgabe ein massiv abweichendes Antwortverhalten gegenüber der Gesamtgruppe. Ihre Antworten zeigen vom Prä- zum Post-Fragebogen keinerlei signifikante Änderung (vgl. Tabelle 58 im Anhang). Auch zwischen dem Post- und dem Follow-up-

Test kann keine Veränderung des Antwortverhaltens nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 59 im Anhang).

4.2.3.3.1.2.5 Aufgabe ST 5 – Gewichtung Sozialformen

In welchem Verhältnis sollten aus Ihrer Sicht die unten genannten Sozialformen in einem guten Chemieunterricht eingesetzt werden.

Bitte nehmen Sie eine Gewichtung nach dem folgenden Schema vor. Tragen Sie die Zahl, die Ihre Gewichtung repräsentiert, in das dafür vorgesehene Kästchen ein.
Jede Gewichtung darf nur einmal vergeben werden.

Die genannte Sozialform sollte...

1 = am häufigsten, 2 = seltener als 1 aber häufiger als 3, usw.
5 = am seltensten
...angewandt werden.

☐ **Einzelarbeit**
☐ **Partnerarbeit**
☐ **Gruppenarbeit (bis 4 Personen)**
☐ **von der Lehrperson geleitetes Unterrichtsgespräch**
☐ **Lehrervortrag**

Begründen Sie Ihre Gewichtung.

<u>Welche Subjektiven Theorien werden erfragt?</u>

Diese Aufgabe erfragt Subjektive Theorien zum Einsatz unterschiedlicher Sozialformen im Unterricht. Eine unter allen Umständen beste/schlechteste Sozialform gibt es nicht. In qualitativ hochwertigem Unterricht werden sich alle Sozialformen in unterschiedlichem Ausmaß abwechseln und die Reihenfolge wird in Abhängigkeit von dem jeweils zu vermittelnden Lerninhalt gewählt werden (Huwendiek 2014). Daher ist eine generalisierte Priorisierung/Negativierung einer oder mehrerer Sozialformen über andere nicht sinnvoll. Aus der Literatur kann keine ideale Lösung für diese Aufgabe hergeleitet und im Seminar vermittelt werden.

<u>Thema im Seminar?</u>

Das Seminar vermittelt die zuvor genannte offene Perspektive auf Sozialformen, die einen „reflektierte[n] und passende[n] „Methodenmix“ in sozialer Verantwortung“ (Huwendiek 2014, S. 104) zur Folge haben muss. Eine bewusste Hierarchisierung – wie in dieser Aufgabe gefordert – wird im Verlauf des Seminars nicht besprochen oder reflektiert. Einige Inhalte des Seminars, z. B. die Beschäftigung mit Lehr- und Lerntheorien oder Umgangsweisen mit Schülervorstellungen, legen den Einsatz

schüleraktivierender Sozialformen (besonders die Partner- und Gruppenarbeit oder auch kooperative Lernformen) nah, ohne diese als „Königswege“ darzustellen.

Erwartungen

Obwohl eine objektive Hierarchisierung nicht möglich ist, bringen Studierende Subjektive Theorien mit in das Seminar, welche Sozialformen sie in einem für sie guten Chemieunterricht häufig einsetzen würden und welche seltener. Diese Vorstellungen zu Subjektiven Theorien werden durch die Frage erhoben. Für die Interpretation sollte berücksichtigt werden, dass das Fragenformat keine Gleichgewichtung zulässt. Die Studierenden müssen im Zweifelsfall auch Sozialformen hierarchisieren, die sie gleich oder sehr ähnlich häufig einsetzen würden. Die Skalierung dieser Aufgabe wird daher als Ordinalskala[34] verstanden.
Ein Vergleich der Hierarchisierung vor und nach der evaluierten Veranstaltung kann Hinweise darauf liefern, ob Änderungen der Subjektiven Theorien zur Hierarchisierung von Sozialformen stattgefunden haben. Einige Inhalte des Seminars stellen den Einsatz schüleraktivierender Sozialformen als sinnvolle Instrumente für das Lernen und den Umgang mit Schülervorstellungen dar (vgl. z. B. „choice2learn“ oder Konzept Cartoons). Dies könnte zur Folge haben, dass schüleraktivierende Sozialformen häufiger eingesetzt würden als lehrerzentrierte.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

Die Ergebnisse der ersten Befragung zeigten folgende durchschnittliche Hierarchisierung der vorgegebenen Sozialformen: Die Studierenden würden am häufigsten das vom Lehrer geleitete Unterrichtsgespräch (Mittelwert: 2,40) einsetzen, gefolgt von der Gruppenarbeit (Mittelwert: 2,67), der Partnerarbeit (Mittelwert: 3,06) und der Einzelarbeit (Mittelwert: 3,08). Am seltensten würden sie den Lehrervortrag in ihrem Unterricht (Mittelwert: 3,79) einsetzen. Der Vergleich der Mittelwerte zeigt, dass vor allem die schülerzentrierten Sozialformen verhältnismäßig nah beieinanderliegen. Dieses Ergebnis wird durch viele Begründungen der Studierenden gestützt, die darauf verwiesen, dass die Gewichtung schwergefallen sei und dass sie alle genannten Sozialformen – abhängig von der Lerngruppe und dem Unterrichtsinhalt – für sinnvoll halten.

[34] Zur statistischen Auswertung wird daher der Wilcoxon Test für abhängige Variablen herangezogen.

Nach der Veranstaltung zeigte sich lediglich eine signifikante Änderung der Hierarchisierung der Sozialform Partnerarbeit. Diese würde nach dem Seminar signifikant häufiger eingesetzt als zuvor (vgl. Tabelle 60 im Anhang).

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Innerhalb der Gruppe, die an allen drei Befragungen teilnahm, zeigte sich ein ähnliches Antwortverhalten. Im Durchschnitt würden diese Studierenden ebenfalls das vom Lehrer geleitete Unterrichtsgespräch am häufigsten einsetzten und an zweiter Stelle die Gruppenarbeit. Die Studierenden würden dann die Einzelarbeit der Partnerarbeit vorziehen. Der Lehrervortrag stellte auch in dieser Gruppe die am seltensten eingesetzte Sozialform dar (vgl. Tabelle 61 im Anhang). Die antizipierte Häufigkeit des Lehrervortrags verringerte sich nach dem Seminar noch einmal leicht signifikant (Signifikanzniveau 10 %). Nach einem halben Jahr gaben diese Studierenden an, die Sozialform lehrergeleitetes Unterrichtsgespräch signifikant seltener (ebenfalls nur signifikant nach dem Signifikanzniveau 10 %) einzusetzen als direkt nach der Veranstaltung (vgl. Tabelle 62 im Anhang). Dieses Ergebnis könnte durch die Inhalte des Seminars, die die Bedeutung von schülerzentriertem Unterricht und individuellem Lernen in den Vordergrund stellen, erklärt werden.

4.2.3.3.1.2.6 Aufgabe ST 6 – Bewertung: Reaktionen von Lehrkräften

Wie sollten Lehrkräfte reagieren, wenn sie bei Schülerinnen und Schülern in ihrer Lerngruppe Vorstellungen/Denkweisen/Überlegungen erkennen, die nicht den fachlich richtigen Konzepten entsprechen?
Bewerten Sie die aufgeführten Verhaltensweisen danach, für wie geeignet Sie die beschriebenen Reaktionen der Lehrperson halten.

Die Lehrperson erklärt den Sachverhalt noch einmal.
ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Die Lehrperson widerlegt die Vorstellungen durch Vorführen eines Experiments.
ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Die Lehrperson macht den Lernenden bewusst, dass es sich bei ihren Vorstellungen um fachlich falsche Vorstellungen handelt.
ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Die Lehrperson eröffnet den Lernenden die Möglichkeit, sich über ihre Vorstellungen auszutauschen.
ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Die Lehrperson zeigt den Lernenden den Widerspruch zwischen ihren Vorstellungen und der fachlich richtigen Vorstellung auf.
ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Die Lehrperson fordert die Schülerinnen und Schüler auf, unklare Sachverhalte zu Hause zu recherchieren.

ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Die Lehrperson bemüht sich, die Ursachen dieser Vorstellungen herauszufinden.

ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Die Lehrperson lässt den Sacherhalt noch einmal durch einen Schüler oder eine Schülerin erklären.

ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Fallen Ihnen andere denkbare Reaktionen der Lehrkräfte ein? Ergänzen und bewerten Sie diese.

_____

ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

_____

ungeeignete Reaktion ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr geeignete Reaktion

Welche Subjektiven Theorien werden erfragt?

Diese Aufgabe fordert die Studierenden auf, acht vorgegebene Reaktionen bezüglich ihrer Eignung für den Umgang mit fachlich falschen Schülervorstellungen auf einer sechsstufigen Likertskala zwischen den Extremen „ungeeignete Reaktion“ und „sehr geeignete Reaktion“ zu bewerten. Sie sollte einen Einblick in die Subjektiven Theorien der Studierenden bezüglich Umgangsweisen mit Schülervorstellungen geben und zeigen, ob sich diese Subjektiven Theorien durch den Besuch der evaluierten Veranstaltung veränderten. Zusätzlich zu den vorgegebenen Antwortoptionen wurden die Studierenden aufgefordert, bei Bedarf alternative Umgangsweisen zu ergänzen und zu bewerten.

Thema im Seminar?

Umgangsweisen mir Schülervorstellungen sind ein wichtiges Thema des Seminars. Die Studierenden lernen sowohl implizit als auch explizit für den Umgang mit Schülervorstellungen entwickelte Umgangsweisen kennen. Bewertungen der in dieser Aufgabe erfragten eher impliziten Umgangsweisen wurden im Verlauf des Seminars nicht vorgenommen.

Erwartungen

Anhand der Bewertungen der vorgegebenen Reaktionen sind Rückschlüsse auf die Subjektiven Theorien der Studierenden für den Umgang mit fachlich falschen Schülervorstellungen möglich. Ein Vergleich der Antworten vor und nach der

Veranstaltung kann Hinweise darauf liefern, ob Änderungen der Subjektiven Theorien zum Umgang mit Schülervorstellungen stattgefunden haben.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

In der ersten Befragung vor dem Seminar bewerteten die Studierenden die Reaktionen „Die Lehrperson widerlegt die Vorstellung durch Vorführen eines Experiments“ und „Die Lehrperson bemüht sich, die Ursachen dieser Vorstellungen herauszufinden“ als am besten geeignete Reaktionen für den Umgang mit fachlich falschen Vorstellungen. Beide Reaktionen wurden auf der sechsstufigen Likertskala – auf der 1 für eine ungeeignete Reaktion steht und 6 eine sehr geeignete Reaktion beschreibt – mit durchschnittlich mehr als 5 bewertet. Die folgende Liste führt die übrigen Items in der Reihenfolge abnehmender Zustimmung auf:

- Die Lehrperson eröffnet den Lernenden die Möglichkeit, sich über ihre Vorstellungen auszutauschen (Zustimmung 4,98 von 6).
- Die Lehrperson zeigt den Lernenden den Widerspruch zwischen ihren Vorstellungen und der fachlich richtigen Vorstellung auf (4,58 von 6).
- Die Lehrperson lässt den Sachverhalt noch einmal durch einen Schüler oder eine Schülerin erklären (4,48 von 6).
- Die Lehrperson gibt den Lernenden Gelegenheit, ihre Vorstellungen näher zu erläutern (4,46 von 6).
- Die Lehrperson erklärt den Sachverhalt noch einmal (4,33 von 6).
- Die Lehrperson macht den Lernenden bewusst, dass es sich bei ihren Vorstellungen um fachlich falsche Vorstellungen handelt (3,98 von 6).

Am ehesten ungeeignet wird die Aufforderung des Lehrers an den Schüler bezeichnet, den Sachverhalt noch einmal zu Hause zu recherchieren (2,85 von 6). Die Reihenfolge der Zustimmungen zeigt, dass die Studierenden lehrerzentrierte Reaktionen, also Reaktionen des Lehrers zur Veränderung der Vorstellungen, für verhältnismäßig geeignet halten, um auf fachlich falsche Schülervorstellungen zu reagieren. Schüleraktivierende Reaktionen, wie die Aufforderung, sich untereinander über die eigenen Vorstellungen auszutauschen, oder die Möglichkeit, einen Schüler den Sachverhalt erklären zu lassen, werden etwas weniger positiv, aber als geeignete Reaktionen bewertet. Die Möglichkeit des Lehrers, den Sachverhalt selbst noch einmal zu erklären, wird vor dem Seminar als eher geeignet eingestuft.

Nach dem Seminar verliert diese Option signifikant an Zustimmung. Die schülerzentrierten Reaktionen („Die Lehrperson eröffnet den Lernenden die Möglichkeit,

sich über ihre Vorstellungen auszutauschen“ und „Die Lehrperson gibt den Lernenden Gelegenheit, ihre Vorstellungen näher zu erläutern“) werden im Anschluss an das Seminar signifikant positiver bewertet als zuvor. Eine ebenfalls leicht signifikant positivere Bewertung (Signifikanzniveau 10 %) erhält die Reaktion „Die Lehrperson bemüht sich, die Ursachen dieser Vorstellungen herauszufinden“. Die signifikant positiveren Bewertungen schülerzentrierter Reaktionen und der Bemühung des Lehrers, mehr über die Ursachen der fachlich falschen Vorstellungen zu erfahren, sind durch die Inhalte des Seminars, die sowohl die Schülerzentrierung von Unterricht als auch die Diagnose von Schülervorstellungen ausführlich beleuchten, erklärbar. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung sind in Tabelle 63 im Anhang dargestellt.
Ergänzend zu den vorgegebenen Reaktionsmöglichkeiten erhielten die Studierenden die Möglichkeit, zusätzliche Reaktionen zu nennen und zu bewerten. Diese Möglichkeit nutzte weniger als 25 % der Befragten. Die vorgeschlagenen Reaktionen wurden zumeist als sehr schlecht (z. B. „Die Lehrperson beachtet diese Vorstellung nicht“ oder „Die Antwort wird als falsch abgestempelt und die richtige Antwort muss einfach akzeptiert werden“) ohne Erläuterungen oder als sehr gut (z. B. „Die Lehrperson lässt aufgrund von vorgegebenen Experimenten und Arbeitsblättern den Schülern/innen selber die Möglichkeit diese zu erkennen“) gewertet.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Studierenden dieser Teilgruppe bewerteten die Reaktionen in der gleichen Reihenfolge und sie schätzten in der Post-Erhebung dieselben Reaktionen als signifikant geeigneter ein wie die Gesamtgruppe. Lediglich bezüglich der in der Gesamtgruppe beobachteten signifikant gesunkenen Bewertung für die Reaktion „Die Lehrperson erklärt den Sachverhalt noch einmal“ weicht die Gruppe von der Gesamtgruppe ab; sie bewertet diese Reaktion nicht signifikant anders als in der Prä-Erhebung. Die Ergebnisse der Erhebung nach einem halben Jahr weichen nicht signifikant von den Ergebnissen der Post-Erhebung ab. Dies kann als Hinweis für die Stabilität der veränderten Subjektiven Theorien gedeutet werden. Die statistischen Auswertungen dieser Gruppe können im Anhang in Tabelle 64 und Tabelle 65 eingesehen werden.

4.2.3.3.1.2.7 Aufgabe ST 7 – Bewertung ausgewählter Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und Begründung

Wie bewerten Sie den Einfluss der unten aufgeführten Erfahrungen auf die Ausbildung eines fachlich richtigen Verständnisses chemischer Zusammenhänge von Schülerinnen und Schülern im Chemieunterricht?

Jede Ursache kann unabhängig von den anderen bewertet werden.

Bitte begründen Sie Ihre Einschätzung und nennen, falls möglich, ein Beispiel.

Alltagserfahrungen

unwichtig ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtig

Begründung und Beispiel

Alltagssprache

unwichtig ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtig

Begründung und Beispiel

Aus Medien erhaltene Informationen

unwichtig ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtig

Begründung und Beispiel

Erfahrungen im Chemieunterricht

unwichtig ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtig

Begründung und Beispiel

Erfahrungen in anderen Unterrichtsfächern

unwichtig ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr wichtig

Begründung und Beispiel

<u>Welche Subjektiven Theorien werden erfragt?</u>

Wie schon die Aufgabe ST 3 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten – (Abschnitt 4.2.3.3.1.2.3) hinterfragt diese Aufgabe Einschätzungen des Einflusses von vorgegebenen Ursachen auf die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen, wobei diese Aufgabe teilweise konkretere Ursachen benennt. Bezüglich der Bewertung von Erfahrungen in anderen Unterrichtsfächern tritt eine Dopplung auf, die bei gleicher

oder ähnlicher Beantwortung derselben Ursache in zwei Aufgaben einen Hinweis auf die Konsistenz der Subjektiven Theorie geben kann.

Thema im Seminar? und Erwartungen

Hier sei auf die entsprechenden Ausführungen in Aufgabe ST 3 verwiesen (Abschnitt 4.2.3.3.1.2.3). Die dort formulierten Überlegungen stimmen mit dieser Aufgabe überein.

Ergebnisse Prä- und Post-Test

In der Prä-Erhebung bewerten die Studierenden Alltagserfahrungen und Erfahrungen aus dem Chemieunterricht als sehr wichtige Ursachen für die Ausbildung eines fachlich falschen Verständnisses chemischer Sachverhalte. Beide wurden auf einer sechsstufigen Likertskala (1 = unwichtig; 6 = sehr wichtig) im Durchschnitt höher als 5 eingeschätzt. Mit einer durchschnittlichen Bewertung von 3 wurden Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern als am wenigsten wichtige Ursachen eingestuft. Die Bedeutung von „Alltagssprache“ (3,94) und „Aus Medien erhaltenen Informationen“ (4,58) bildeten das Mittelfeld.

Die beiden in der Prä-Erhebung als besonders wichtig gewerteten Ursachen – Alltagserfahrungen (5,17) und Erfahrungen im Chemieunterricht (5,04) – werden auch in der Post-Erhebung als die wichtigsten Ursachen identifiziert. Alltagssprache wird in der Post-Erhebung als signifikant wichtiger eingeschätzt (4,69) als vor dem Seminar. Bezüglich des Mittelwertes überholt sie sogar die Ursache „Aus Medien erhaltene Informationen“ (4,44). In der ähnlichen Aufgabe ST 3 war die Kategorie „Lebenswelt der Lernenden“ nach dem Seminar signifikant wichtiger bewertet worden als vor dem Seminar. Aus der Kombination dieser Aufgaben kann geschlossen werden, dass die Studierenden Alltagserfahrungen als Teil der Lebenswelt bereits vor dem Seminar als wesentlich einschätzten, dass sich aber die Einschätzungen zum Einfluss von Alltagssprache auf die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen im Verlauf des Seminars so stark veränderten, dass die Studierenden die Ursache „Lebenswelt der Lernenden“ in Aufgabe ST 3 signifikant wichtiger bewerteten. Ebenfalls signifikant wichtiger als vor dem Seminar werden Einflüsse aus anderen Unterrichtsfächern nach dem Seminar bewertet. Diese Ursache wurde somit in zwei unabhängigen Aufgaben im Post-Test jeweils signifikant höher bewertet, was für die Stabilität der veränderten Vorstellung zum Zeitpunkt des Post-Testes spricht. Ein tabellarischer Überblick über die Antworten dieser Gruppe ist in Tabelle 66 im Anhang dargestellt.

Die Vielfalt der genannten Beispiele und Begründungen kann nur sehr schwer wiedergegeben werden. Daher werden folgend drei im Fragebogen formulierte Kommentare von Studierenden vorgestellt, die zeigen, dass die Studierenden nach dem Seminar ein fundierteres Wissen bezüglich Ursachen fachlich falscher Vorstellungen erworben hatten. Das erste Beispiel nimmt Bezug auf die Bewertung von Alltagssprache als Ursache von Schülervorstellungen. Im Prä-Fragebogen kommentierte der Student seine Gewichtung (2) wie folgt: „Ich glaube, dass die Alltagssprache keinen großen Einfluss auf das Verständnis im Chemieunterricht hat.“. Nach dem Seminar stieg seine Bewertung auf eine 4 (wichtiger als im Prä-Test) auf der Likert-Skala und er kommentierte seine Wahl so: „Viele Wörter in der Chemie werden im Alltag völlig anders eingesetzt, z. B. Lösung.“

Auch wenn sich die Bewertung der Oberkategorie „Aus Medien erhaltene Informationen“ über alle Studierenden nicht signifikant änderte, können die folgenden Kommentare einen Hinweis darauf geben, dass es zur Änderung individueller Vorstellungen kommen konnte. In der ersten Befragung schätzte eine Studentin den Einfluss von aus Medien erhaltenen Informationen eher positiv. Sie schrieb: „Medien können hilfreich sein. Wissenschaftliche Dokumentationen beinhalten oft fachliche Sprache.“ Nach der Veranstaltung identifizierte sie didaktische Reduktionen als mögliche Stolpersteine für die Ausbildung von fachlich angemessenen Vorstellungen. Hierzu notierte sie: „Medien reduzieren meist die fachlichen Antworten, wodurch es zu falschen Vorstellungen kommen kann.“

Das abschließende Beispiel zeigt, dass das Seminar zu einem Anstieg der Bewertung von Ursachen führen konnte, die sich aus anderen Fächern ergeben. Vor dem Seminar sah eine Studentin Schwierigkeiten vor allem darin, dass der Lehrer zu viele Vorkenntnisse aus anderen Fächern voraussetzen könnte. Sie schrieb: „Kenntnisse aus anderen Fächern sollten nur in geringem Maß vorausgesetzt werden.“ Im Post-Test beschriebt sie Querverbindungen zwischen naturwissenschaftlichen Fächern und die positiven Effekte, die daraus erwachsen können, wie folgt: „Naturwissenschaftliche Fächer behandeln oft ähnliche Sachverhalte. Verbindet man diese Informationen miteinander, können Querverbindungen gezogen werden, die das Verständnis der SuS verbessern.“ Ihre Bewertung änderte sich von einer 2 auf der Likert-Skala zu einer 4, also in Richtung einer stärkeren Bedeutung anderer Fächer auf die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen.

Ergebnisse Prä-, Post- und Follow-up-Test

Die Studierenden, die an allen Befragungen teilnahmen, bewerteten die Ursachen sowohl im Prä- als auch im Post-Test analog zur Gesamtgruppe. Die Auflistung der Ursachen von der Ursache mit größter Wichtigkeit zur kleinsten Wichtigkeit ergab in beiden Gruppen die gleiche Reihenfolge. In dieser Gruppe wurde die Ursache „Alltagssprache“ nach dem Seminar signifikant wichtiger bewertet. Die Ursache „Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern“ wies auch hier die zweitgrößte Veränderung in Richtung einer höheren Gewichtung auf, diese war aber statistisch nicht signifikant.

Die Ergebnisse der Erhebung nach einem halben Jahr zeigen keine signifikanten Abweichungen von den Ergebnissen der Post-Erhebung. Dies kann als Hinweis für die Stabilität der veränderten Subjektiven Theorien gedeutet werden. Die statistischen Daten dieser Gruppe können im Anhang in Tabelle 67 und Tabelle 68 eingesehen werden.

4.2.3.3.2 Ergebnisse der Interviews

Die Interview-Befragungen wurden jeweils in der ersten Woche des Semesters und an einem mit den Studierenden individuell vereinbarten Termin innerhalb von drei Wochen nach Abschluss der Veranstaltung durchgeführt. In die Auswertung des Evaluationsinstruments Interview gehen nur die Interviews des letzten Seminardurchgangs ein. Aufgrund des Standortwechsels von der Universität zu Köln an die Westfälische-Wilhelms Universität Münster und die damit verbundene Änderung der Alters- und Studiengangvoraussetzungen der am Seminar teilnehmenden Studierenden wurde der Interviewleitfaden für den letzten Seminardurchgang noch einmal überarbeitet. In die Auswertung gingen nur die Ergebnisse dieses letzten, für den Verlauf und die Zielsetzung der Veranstaltung im Wintersemester 2013/14 optimierten Interviewleitfadens ein. In diesem Semester konnten mit 22 Studierenden Interviews im Prä- und Post-Design durchgeführt, transkribiert und ausgewertet werden. Das Prä-Interview enthielt Fragen zu Ursachen von Verständnisschwierigkeiten, zur Diagnose und zu Umgangsweisen mit Verständnisschwierigkeiten in Bezug auf Schülervorstellungen. Das Post-Interview enthielt dieselben Fragen, was die Antworten der Studierenden vergleichbar machte. Zusätzlich enthielt das Post-Interview Fragen zu Bewertung des Seminars und der eingesetzten Videografie und zu erwarteten Wirkungen des Seminars für die zukünftige Lehrtätigkeit der Studierenden. Die Interviewfragen können in Anhang B eingesehen werden.

4.2.3.3.2.1 Fragen im Prä- und Post-Interview

Drei Fragen wurden den Studierenden sowohl im Prä- als auch im Post-Interview gestellt. Aus der wiederholten Beantwortung derselben Fragen können Schlussfolgerungen auf die Wirkung des Seminars auf die Kenntnisse der Studierenden über Schülervorstellungen gezogen werden. Die wiederholten Fragestellungen orientieren sich an den im Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten als relevant für den Umgang mit Schülervorstellungen festgelegten Themen: „Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und Schülervorstellungen“, „Diagnose von Schülervorstellungen“ und „Umgangsweisen mit Schülervorstellungen im Unterricht“. Zusätzlich sollten die Studierenden Vorschläge formulieren, wie der Entstehung fachlich falscher Vorstellungen vorgebeugt werden könne. Zur Beantwortung der Frage nach Möglichkeiten, Schülervorstellungen vorzubeugen, mussten die Befragten einen Transfer ihrer Kenntnisse leisten. Alle Fragen waren so formuliert, dass sie Fachbegriffe z. B. „Schülervorstellungen“ oder auch „Diagnose“ vermieden, da davon ausgegangen wurde, dass die Studierenden den Begriff im Post-Interview aufgrund der intensiven Beschäftigung im Seminar inhaltlich anders verstanden als im Prä-Interview. Die Antworten der 22 befragten Studierenden auf diese vier Fragen waren sehr vielfältig, was zu verhältnismäßig vielen unterschiedlichen Kategorien während der Codierung führte. Hieraus resultierte folgende Schwierigkeit: Bei nur 22 Befragten ergaben die Veränderungen der vielen unterschiedlichen Kategorien nur selten statistisch signifikante Werte. Auf eine Zusammenlegung mehrerer ähnlicher Kategorien, um ggf. einen signifikanten Effekt zu erzeugen, wurde verzichtet, da die Vielfalt der Antworten als eigener Wert wahrgenommen und gewertet wurde. Bemerkenswerte Veränderungen werden auch dann beschrieben, wenn sie statistisch nicht signifikant sind.

4.2.3.3.2.1.1 Ursachen von Verständnisschwierigkeiten

Worin siehst du Ursachen dafür, dass es Schülerinnen und Schülern schwerfällt, Inhalte des Chemieunterrichts zu verstehen?

Auf diese Fragen nannten die Studierenden sowohl vor als auch nach dem Seminar viele Ursachen, die zur Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten führen können. Die Antworten der Studierenden wurden den während der Entwicklung des Fragebogens entstandenen fünf Oberkategorien (Abschnitt 4.2.3.3.1.2.1) zugeordnet. Im Prä-Interview nannten die 22 befragten Studierenden 110 Ursachen, die 34 verschiedenen Antwortkategorien zugeordnet werden konnten und alle sechs Oberkategorien abdeckten. Eine tabellarische Übersicht der induktiv entstandenen Kategorien,

zugeordnet zu den deduktiv vorgegebenen Oberkategorien, sowie die Antworthäufigkeit der jeweiligen Kategorien kann in Tabelle 69 eingesehen werden.

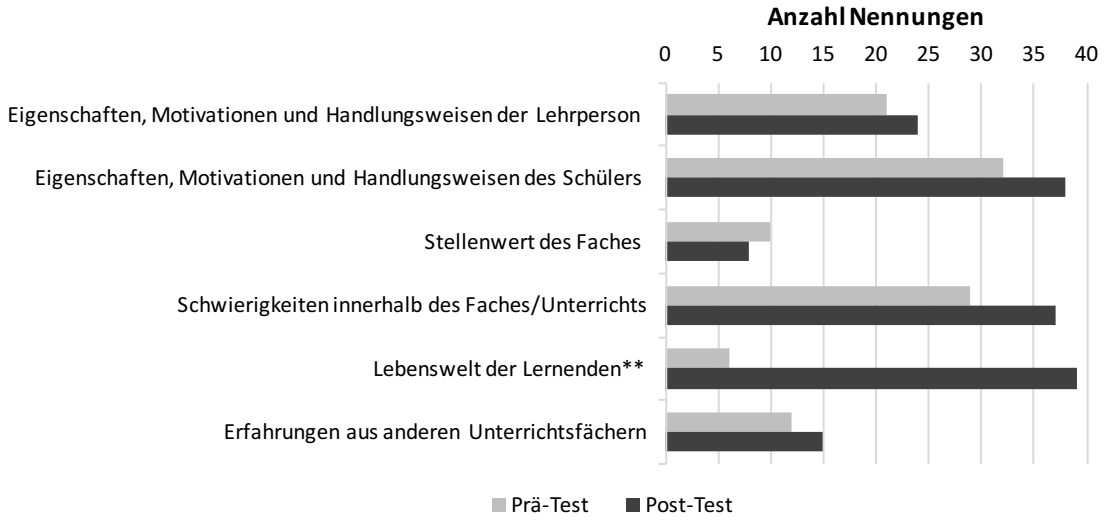


Abbildung 17: Anzahl der Nennungen verschiedener Ursachen zu Verständnisschwierigkeiten

Abbildung 17 stellt die Anzahl der Nennungen von Ursachen dar, die den Oberkategorien zugeordnet werden konnten. Der Abbildung ist zu entnehmen, dass Ursachen, die den Oberkategorien „Eigenschaften, Motivation und Handlungsweisen der Lehrperson“ und „des Schülers“ sowie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches/Unterrichts“ vor der Veranstaltung am häufigsten genannt wurden. Über 60 % der Studierenden nannten Ursachen, die auf „Eigenschaften, Motivation und Handlungsweisen der Lehrperson“ zurückzuführen waren, und 77 % sahen „Ursachen in der Person des Schülers“. Ursachen, die sich aus Schwierigkeiten innerhalb des Faches Chemie ergaben, wurden von 86 % der Studierenden genannt. Ursachen der Oberkategorien „Stellenwert des Faches“, „Lebenswelt der Lernenden“ und Einflüsse anderer (Unterrichts-)Fächer wurden seltener genannt. Besonders auffällig – und als einziger signifikant – ist der Anstieg der Anzahl der genannten Ursachen in der Oberkategorie „Lebenswelt der Lernenden“. Dieser ist auf signifikant häufigere Nennungen der Ursachen „Alltagserfahrungen“, „Alltagssprache“ und „Medien“ (vgl. Tabelle 69 im Anhang) zurückzuführen. Nach dem Seminar nannten die Studierenden insgesamt 161 Ursachen, die 36 verschiedenen Antwortkategorien zugeordnet wurden. Im Durchschnitt nannten die Studierenden nach dem Seminar ca. zwei Ursachen mehr als vor dem Seminar.

4.2.3.3.2.1.2 Diagnose von Verständnisschwierigkeiten und Schülervorstellungen

Welche Möglichkeiten haben Lehrende, Verständnisschwierigkeiten und fachlich falsche Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zu erkennen?

Während der Prä-Interviews mit 22 Studierenden im Wintersemester 2013/14 wurden 18 verschiedene Möglichkeiten genannt, die die Studierenden als Möglichkeiten von Lehrern identifizierten, Verständnisschwierigkeiten und fachlich falsche Vorstellungen ihrer Schüler zu erkennen. Thematisch nannten die Studierenden sehr unterschiedliche Möglichkeiten, die sowohl indirekte Formen der Diagnose (z. B. die Analyse schriftlicher Arbeiten aus Einzelarbeitsphasen oder die Kontrolle von Klassenarbeiten) als auch konkret für Diagnosen entwickelte Instrumente (z. B. der Einsatz von Fragebögen, Interviews oder von Videografie) beinhalteten. Das entstandene Codierschema sowie die tabellarische Darstellung der Ergebnisse befinden sich in Tabelle 71 im Anhang. Im Durchschnitt nannte jeder Student zwischen zwei und drei Möglichkeiten.

45 % der Studierenden äußerten, dass die Analyse von Tests und Klassenarbeiten als Diagnoseinstrument eingesetzt werden könnte. Die Analyse schriftlicher Erzeugnisse von Schülern z. B. aus Einzelarbeitsphasen nannten 23 % der Studierenden als sinnvoll. Acht Studierende (36 %) empfahlen dem Lehrer, konkrete Fragen an seine Schüler zu richten und durch Nachfragen weitere Informationen über ihre Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen zu erhalten. Die Schüler durch weitere Nachfragen dazu anzuregen, ihre Vorstellungen zu erklären, nannten 23 % der Studierenden als geeignetes Diagnoseinstrument und 32 % der Studierenden gaben an, dass sich die Analyse von Schüleraussagen im Unterrichtsgespräch für eine gezielte Diagnose eignete. Diese Evaluationsergebnisse weisen Ähnlichkeiten zu den Forschungsergebnissen von Morrison und Ledermann auf, die als Ergebnis einer kleinen Interviewstudie bemerkten, dass die vier befragten Lehrer als Diagnoseinstrumente vor allem Unterrichtsgespräche und „Nachfragen“ als Diagnosemöglichkeiten nannten (Morrison und Lederman 2003).

Die übrigen Antwortmöglichkeiten wurden von maximal vier Studierenden genannt und können in der tabellarischen Übersicht in Tabelle 71 im Anhang eingesehen werden.

Nach dem Seminar wurden 20 verschiedene Möglichkeiten genannt, um Verständnisschwierigkeiten und fachlich falsche Vorstellungen zu diagnostizieren. Alle Studierenden zusammen nannten 89 Diagnose-Möglichkeiten, was durchschnittlich

vier Diagnoseinstrumenten pro Studierendem entspricht. Signifikante Veränderungen sind bei Items zu beobachten, die konkrete Diagnosemöglichkeiten beschreiben, z. B. der Einsatz eines Fragebogens oder spezieller Diagnoseaufgaben. Der Einsatz eines Interviews als Diagnoseinstrument wurde zwar nicht signifikant häufiger als Diagnosemethode genannt, die Anzahl der Nennungen verfünffachte sich aber von einer auf fünf Nennungen. Außerdem verdoppelte sich die Anzahl der Studierenden, die Erklärungen von Vorstellungen durch die Schüler als sinnvolle Diagnosemöglichkeiten bewerteten, und die Schüler ihre Antworten begründen lassen würden. Die Anzahl der Studierenden, die vorschlug, die Schüler ihre Vorstellungen zeichnen zu lassen und aus den Zeichnungen eine Diagnose abzuleiten, vervierfachte sich, was statistisch einer leicht signifikanten Änderung (Signifikanzniveau 10 %) entspricht. Die signifikanten Änderungen im Antwortverhalten der Studierenden zeigen, dass sie sich des Nutzens der im Seminar kennengelernten und erprobten Diagnoseinstrumente bewusst sind und diese auf die allgemein formulierte Fragestellung als Diagnosemöglichkeiten benennen.

Leicht, aber nicht signifikant rückläufig wurden Umgangsweisen genannt, die Tests, Klassenarbeiten oder Schüleraussagen im Unterrichtsgespräch bzw. gezieltes Nachfragen des Lehrers zur Diagnose zu nutzen. Theoretisch sind auch diese Diagnosemöglichkeiten geeignet, Verständnisschwierigkeiten zu erkennen. Das Antwortverhalten der Studierenden könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Studierenden aufgrund der Inhalte des Seminars stärker zwischen Lern- und Leistungssituationen unterschieden als zuvor oder dass ihnen die Schwierigkeiten sinnvoller Diagnosen bewusster waren und sie sich eine Diagnose aus dem Unterrichtsgespräch daher weniger zutrauten.

4.2.3.3.2.1.3 Umgangsweisen mit Verständnisschwierigkeiten und Schülervorstellungen

Wie können Lehrende mit Verständnisschwierigkeiten umzugehen? Wie können sie darauf reagieren?

Die Antworten der Studierenden auf die Frage nach Umgangsweisen mit Verständnisschwierigkeiten waren vielfältig und in der Prä-Befragung vor allem durch eigene Unterrichtserfahrungen geprägt. Vor dem Seminar nannten die 22 Studierenden insgesamt 53 Möglichkeiten mit Verständnisschwierigkeiten umzugehen, die zu 15 unterschiedlichen Kategorien zusammengefasst werden konnten. 41 % der Studierenden nannten den Einsatz eines anderen/geeigneten Experiments als sinnvolle Umgangsweise für Verständnisschwierigkeiten. Genauso viele schlugen vor, den

fachlich falsch verstandenen Sachverhalt noch einmal zu erklären. 32 % der Befragten würden den Sachverhalt noch einmal von einem anderen Schüler erklären lassen. Die übrigen, von weniger als 20 % der Studierenden genannten Verständnisschwierigkeiten können in der tabellarischen Übersicht der Codier-Ergebnisse in Tabelle 71 im Anhang eingesehen werden.
Im Post-Interview nannten die Studierenden 87 Umgangsweisen mit Verständnisschwierigkeiten, was im Durchschnitt ca. vier Ursachen pro Studierendem entspricht. Signifikant häufiger waren Antworten der schon vor dem Seminar häufig genannten Kategorie „Einsatz eines geeigneten/anderen Experiments“. Auch eine im Prä-Interview nicht aufgetretene Antwortkategorie wurde nach dem Seminar signifikant häufiger genannt. Die Antworten dieser Kategorie legten nahe, dass geeignete/andere Abbildungen eingesetzt werden sollten, um den fachlich falsch verstandenen Sachverhalt zu erklären. Vereinzelt wurden im Post-Interview auch einige der im Seminar besprochenen und für den Umgang mit Schülervorstellungen entwickelten Konzepte wie z. B. „choice2learn“ genannt. Aufgrund der intensiven Auseinandersetzung mit diesen Konzepten wäre hier eine höhere Anzahl an Nennungen im Post-Test erwartet worden. Statt auf diese konkreten Verfahren zurückzugreifen, nannten die Studierenden vermehrt „indirekte“ Strategien, die auch als Umgangsweisen wirken können.

4.2.3.3.2.1.4 Verständnisschwierigkeiten vorbeugen

Wie können Lehrende Verständnisschwierigkeiten ihrer Schüler vorbeugen?
Die Frage nach Möglichkeiten, Verständnisschwierigkeiten vorzubeugen, zielte nicht unmittelbar auf Inhalte des Seminars. Viele der im Seminar thematisierten Inhalte können sinnvoll interpretiert und angewandt werden, um Schülervorstellungen vorzubeugen. Auf eine Übertragung der gelernten Inhalte auf diese Fragestellung wurde im Seminar verzichtet, so dass die Antworten der Studierenden als individuelle Transferleistungen verstanden werden können.
In der Befragung vor Beginn des Seminars nannten die Studierenden 41 Antworten, die 19 verschiedenen Kategorien zugeordnet wurden, was im Durchschnitt ca. zwei Antworten pro Person entspricht. Am häufigsten (32 %) wurde gute Unterrichtsplanung als Vorbeugestrategie genannt. Je 18 % der Befragten nannten „Gute Erklärungen“ und „Konzentration des Lehrers auf die von ihm verwendete Fachsprache und einheitliche Verwendung von Fachsprache“. Die übrigen genannten Kategorien, die in der tabellarischen Übersicht in Tabelle 72 im Anhang aufgeführt sind, wurden selten (maximal von 3 Studierenden) genannt.

In den Post-Interviews stieg die Anzahl der Antworten auf insgesamt 54. Mehr als die Hälfte der Antworten ließ sich in vier Kategorien zusammenfassen: 40 % der Befragten schlugen vor, Modellkritik in den Unterricht zu integrieren und diese mit den Schülern ausgiebig zu besprechen. Dies sollte vermutlich fachlich falschen Vorstellungen, die durch Mehrdeutigkeiten oder fachlich falsche Interpretationen von Modellen entstanden sind, vorbeugen. Diese vorbeugende Maßnahme hatten im Prä-Interview nur 9 % der Studierenden genannt, der Anstieg ist statistisch signifikant. Die Kategorie „Konzentration des Lehrers auf die von ihm verwendete Fachsprache und einheitliche Verwendung von Fachsprache“ wurde im Post-Interview doppelt so häufig genannt wie während der ersten Befragung. Der Anstieg ist zwar statistisch nicht signifikant, führte aber dazu, dass diese Kategorie von 36 % der Studierenden, also am zweithäufigsten, genannt wurde. 32 % der Studierenden nannten die sorgfältige Auswahl von Abbildungen als Möglichkeit, Verständnisschwierigkeiten vorzubeugen. Diese Kategorie war vor dem Seminar nicht genannt worden; der Anstieg ist statistisch signifikant. Fast ein Viertel der Studierenden (23 %) würde Schülervorstellungen und das Vorwissen der Schüler für die Unterrichtsplanung berücksichtigen, um Verständnisschwierigkeiten vorzubeugen. Die übrigen 50 % der Antworten verteilten sich auf weitere 14 Kategorien, innerhalb derer zwar leichte, aber keine signifikanten Änderungen nachgewiesen werden konnten (vgl. Tabelle 72 im Anhang).

4.2.3.3.2.2 Fragen nur im Post-Interview

Einige Fragen des Post-Interviews bezogen sich unmittelbar auf das Seminar und die Erfahrungen des Studierenden während der Veranstaltung. Diese Fragen sowie die Antworten der Studierenden werden folgend beschrieben. Da diese Fragen nur zu einem Erhebungszeitpunkt gestellt werden konnten, ist keine Änderung des Antwortverhaltens nachvollziehbar. Die Vorstellung der Evaluationsergebnisse dieser Fragen erfolgt daher rein deskriptiv.

4.2.3.3.2.2.1 Wichtigster Seminarinhalt

Was war für Sie der wichtigste Seminarinhalt?

Die Frage nach dem für die Studierenden wichtigsten Seminarinhalt wurde zum einen gestellt um zu erfahren, welche Inhalte des Seminars die Studierenden als individuell am Bedeutsamsten erinnerten, und zum anderen um zu erfahren, ob Übereinstimmungen oder Abweichungen bezüglich der Bewertung der Seminarinhalte zwischen den Studierenden und der Entwicklerin des Seminars auftraten. Die

Fragestellung der Interviewerin war so strukturiert, dass sie zuerst die o. g. Frage stellte und die Studierenden spontan darauf antworten ließ. Fokussierte sich die Antwort eines Studierenden nur auf die Theoretische Fundierung oder nur auf die Phasen der praktischen Arbeit, fragte die Interviewerin noch einmal nach wichtigsten Inhalten der nicht angesprochenen Phase. Auch wenn die Interviewerin nach dem wichtigsten Seminarinhalt fragte, nannten weniger als 20 % der Studierenden nur einen Inhalt. Die meisten empfanden mehrere Inhalte als wichtig und nannten diese auch. Während der Codierung wurden die genannten Inhalte, wenn sich dies als sinnvoll herausstellte, thematischen Oberkategorien zugeordnet. Abbildung 18 stellt die Oberkategorien der wichtigsten Seminarinhalte mit der zugehörigen Anzahl an Nennungen dar, die ihnen zugeordnet werden konnten. Einen Überblick über alle genannten Kategorien gibt
Tabelle 73 im Anhang.

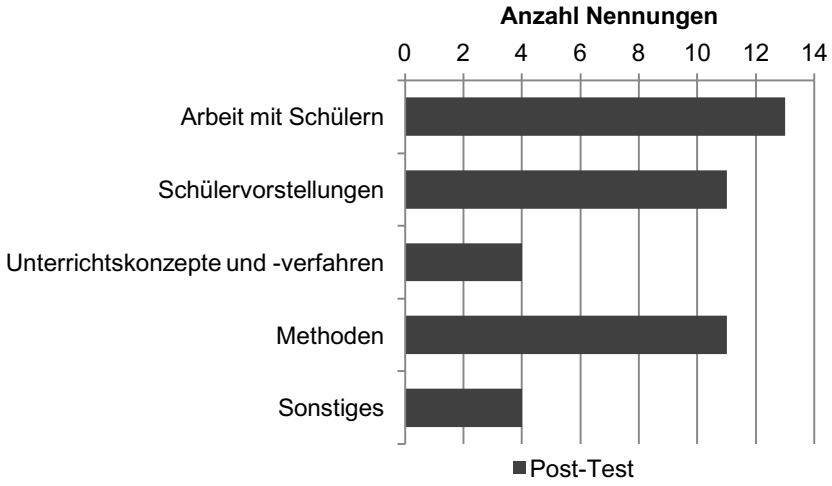


Abbildung 18: Nennungen für wichtigste Seminarinhalte

Für mehr als 60 % der Studierenden machte die „Arbeit mit Schülern“ einen wesentlichen Teil des Seminars aus. Neben allgemeinen positiven Äußerungen zu der Möglichkeit, schon während des Studiums in direkten Kontakt mit Schülern zu treten, wurden die einzelnen Phasen des Seminars, z. B. die Planung, die Durchführung oder auch die Auswertung der Unterrichtssequenz, als bedeutende Erfahrungen beschrieben. 50 % der Studierenden empfanden die Beschäftigung mit Schülervorstellungen als besonders bedeutsamen Anteil der Veranstaltung, wobei neben der Erkenntnis über die Diversität und Vielfalt von Schülervorstellungen besonders das Kennenlernen von Diagnoseinstrumenten und Umgangsweisen mit Schülervorstellungen genannt wurden.

Ebenfalls die Hälfte der Studierenden nannte die im Seminar vermittelten Methoden als wichtige Inhalte des Seminars. Für vier Studierende waren die vermittelten Unterrichtskonzepte und Unterrichtsverfahren besonders wichtig. Bei dieser Oberkategorie ist allerdings zu bemerken, dass es Überschneidungen zu Handlungsweisen im Umgang mit Schülervorstellungen gibt. Unter dem Inhaltsfeld „Sonstiges" wurden Inhalte subsummiert, die maximal von einem Lernenden genannt worden waren. Hierzu zählten: die kritische Betrachtung von Modellen, der Einsatz der Videografie und die daraus gewonnenen Erkenntnisse, eine Veränderung der Sicht der Lehrerrolle und die allgemeine Formulierung „Inhalte, um guten Unterricht zu machen".
Bezüglich der beiden Inhaltsfelder „Arbeit mit Schülern" und „Schülervorstellungen" stimmt die Einschätzung der Wichtigkeit zwischen den Studierenden und der Entwicklerin des Seminars überein. Die Vermittlung von Methoden für den Unterricht stand aus Sicht der Entwicklerin zwar ursprünglich weniger im Fokus, wurde aber auf den expliziten Wunsch der Studierenden in die Veranstaltung integriert. Die Nennung dieses Inhaltes als wichtigsten Seminarinhalt – häufig in Kombination mit einem didaktischen Inhalt – bestärkt die zu Beginn der Veranstaltung getroffene Einschätzung, dass die Studierenden ein starkes Bedürfnis nach Kenntnissen über Unterrichtsmethoden hatten und kann als Wertschätzung für die Integration dieses Inhaltes in das Seminar verstanden werden.

4.2.3.3.2.2.2 Überraschende Inhalte des Seminars

Haben Sie in diesem Seminar Inhalte kennengelernt, die Sie überrascht haben? Wenn ja, welche?

Die Frage nach Inhalten des Seminars, die die Studierenden überrascht haben, resultierte aus Aussagen von Studierenden während der Veranstaltungen. Immer wieder äußerten Studierende, dass sie „mit so etwas ja nie gerechnet hätten" oder einfach „noch nie über so etwas nachgedacht hätten". Auch aus einigen nichtverbalen Reaktionen der Studierenden konnte geschlossen werden, dass sie durch z. B. Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen überrascht waren. Als Reaktion auf diese Beobachtungen wurde die Frage nach überraschenden Inhalten des Seminars in den Post-Fragebogen aufgenommen.
Die Auswertung der Antworten ergab, dass über 70 % der befragten Studierenden Inhalte als überraschend in Erinnerung hatte, die direkt oder indirekt mit dem Kernthema des Seminars „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht" in Zusammenhang standen. Mehr als 65 % der Studierenden nannten Schülervorstellungen allgemein als überraschenden Inhalt. Zwei Studierende überraschte

konkret die Vielfalt möglicher Vorstellungen und drei Studierende empfanden die Auswirkungen von Modellen/Abbildungen in Schulbüchern auf die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen als besonders überraschend. Die während der Phase der Theoretischen Fundierung im Seminar kennengelernten Beispiele, dass sich hinter fachlich richtigen Antworten auch fachlich falsche Vorstellungen verbergen können, das Zusammenwirken mehrerer Unterrichtsfächer, die Kreativität von Schülern, die zur Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen führen kann und die vermittelte konstruktivistische Perspektive auf Lernen und Unterrichtsverfahren, die den Schülern Einfluss auf den Verlauf der Unterrichtsstunde einräumen, wurden von je einem Lernenden als überraschend bezeichnet. Zwei Studierende empfanden den Einsatz des Etherpads bzw. Situationen während der praktischen Arbeit mit den Schülern im Lehr-Lern-Labor als überraschend. Drei Studierende empfanden keinen der im Seminar vermittelten Inhalte als überraschend (vgl. Tabelle 74 im Anhang).
Das Antwortverhalten auf diese Frage zeigt, dass den Studierenden viele Inhalte im Kontext Schülervorstellungen vor dem Seminar nicht nur nicht bewusst waren, sondern dass die Beschäftigung mit diesem Thema in ihnen eine kognitive Irritation ausgelöst haben muss, da sie diese Inhalte als überraschend erinnern. Die Antworten stützen die während aller Durchgänge des Seminars erhobenen Beobachtungen.

4.2.3.3.2.2.3 Erwartete Folgen für die Lehrtätigkeit

Erwarten Sie, dass sich die in diesem Seminar erlernten Inhalte auf Ihre Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer auswirken werden? Wenn ja, wie?

Ein wesentliches Ziel einer universitären Lehrveranstaltung, die Studierende nicht ausschließlich, aber auch auf ihre zukünftige Berufstätigkeit vorbereiten will, besteht darin, dass die Studierenden die vermittelten Inhalte in ihr späteres berufliches Handeln übernehmen werden. Ein direkter Nachweis für diesen Transfer ist generell schwierig, im Kontext des beschriebenen Forschungsprojektes ist er u. a. aufgrund des langen zeitlichen Abstandes zwischen der Veranstaltung und dem Eintritt der Studierenden ins Berufsleben nicht möglich. Um wenigstens einen Hinweis auf die subjektive Motivation der Studierenden zur Anwendung der gelernten Inhalte zu erhalten, wurden die Studierenden während des Interviews nach ihrer Einschätzung befragt, ob sie erwarten, dass sich die in diesem Seminar erlernten Inhalte auf ihre Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer auswirken werden. Zusätzlich wurden sie aufgefordert, ihre Antwort zu begründen. Studierende, die die Frage positiv beantworteten, deren erste Antwort sich aber ausschließlich auf den Einsatz neu erlernter Methoden be-

schränkte, wurden ergänzend gefragt, ob sie auch einen Einfluss ihres erlernten Wissens über Schülervorstellungen erwarteten. Alle befragten 22 Studierenden beantworteten die Frage positiv. Zehn Studierende bestärkten ihre positive Antwort (z. B.: „Ja, auf jeden Fall“), zwei Studierende schwächten ihre Antwort ab (z. B.: „Ja, ich hoffe es zumindest“). Sozial erwünschtes Antworten kann bei der Beantwortung dieser Frage die Aussagekraft der Ergebnisse beeinflusst haben.
Interessanter als die Antwort, ob die Studierenden eine Auswirkung der erlernten Inhalte auf ihre berufliche Tätigkeit erwarteten oder nicht, scheinen daher antizipierte Änderungen des Lehrverhaltens zu sein. 45 % der Studierenden erwarteten, dass sie die im Seminar kennengelernten und erprobten Methoden in ihrem eigenen Unterricht anwenden werden. Die Hälfte aller Befragten gab an Schülervorstellungen für ihren Unterricht berücksichtigen zu wollen. Je 19 % der Befragten planten Schülervorstellungen gezielt zu diagnostizieren und im Seminar gelernte Umgangsweisen im Unterricht anzuwenden. Einzelne Studierende gaben an, auch andere – im Seminar thematisierte Wissenselemente und Fähigkeiten (Ursachen von Schülervorstellungen erkennen und berücksichtigen; Umgangsweisen mit Schülervorstellungen entwickeln) – in ihren Unterricht einbringen zu wollen. Immerhin 40 % der Studierenden wollten sich in Zukunft mehr Gedanken darüber machen, wie sie Inhalte vermitteln, als sie dies vorher getan hätten. Je 23 % der Studierenden planten, die im Seminar kennengelernten Unterrichtsverfahren in ihrem eigenen Unterricht anzuwenden und ihren Unterricht stärker schülerorientiert zu gestalten. In einige Fällen wurde die stärkere Schülerorientierung mit einer Reduktion des lehrerorientierten Unterrichts verbunden. Insgesamt wollten ca. 14 % der Befragten den Anteil an lehrerorientiertem Phasen in ihrem Unterricht reduzieren. Ebenso viele Studierende gaben an, ihre Unterrichtsvorbereitung als Folge des Seminars verändern zu wollen. Ein Überblick über die im Interview genannten Antwortkategorien befindet sich in Tabelle 75 im Anhang.

Während der Beantwortung dieser Frage äußerten fünf Befragte, dass sich ihre Vorstellung von Unterricht durch das Seminar verändert habe. Ein Student formulierte z. B. sehr präzise, dass seine ursprüngliche Vorstellung von Unterricht stark durch das lehrergeleitete Unterrichtsgespräch geprägt war, dass er Unterricht in Zukunft aber durch schüleraktivierende Impulse erweitern möchte:

> „Ich werde es jetzt nicht so machen [...], so wie ich es eigentlich immer im Kopf hatte/ Ich stelle mich an die Tafel, mache Unterrichtsgespräch, die [Schüler, Anm. d. Verf.] sammeln alles an der Tafel und jetzt gehen wir das mal durch. Dann mache ich ein Bestätigungsexperiment und dann ist gut. Sondern, ich gebe viel mehr Denkanstöße,

beispielsweise stelle ich die [Schüler, Anm. d. Verf.] vor Probleme, mit denen sie nicht gerechnet haben oder erzeuge Widersprüche. Und dass die [Schüler, Anm. d. Verf.] daran versuchen, selbst herauszufinden, wie das denn nun so richtig ist. Also, so würde ich das dann [...] wahrscheinlich machen.“ (Student, Interview)

Zwei Befragte erwähnten, dass ihnen die Bedeutung von Verständnisschwierigkeiten vor dem Seminar gar nicht oder zumindest wesentlich weniger bewusst gewesen sei und dass sie diese in Zukunft für ihre Lehrtätigkeit berücksichtigen wollen:

„Man macht sich vorher gar nicht so Gedanken, was [...] Schüler da genau missverstehen könnten. Habe ich vorher nicht, das würde man jetzt [...] viel mehr. Man weiß schon, dass Schüler da auf jeden Fall irgendetwas missverstehen könnten, wo man genauer drauf eingehen müsste.“ (Studentin, Interview)

„Ansonsten weiß ich nicht, ob ich so stark darauf geachtet hätte, wie stark ich das erkläre, und dass ich, [...] wenn ich etwas erkläre und er [der Schüler, Anm. d. Verf.] versteht es nicht ganz, dann noch mal erkläre und er versteht es immer noch nicht ganz. Dann denke ich: „Versteh es endlich!“. Und jetzt, wenn ich dann überlege, vielleicht benutze ich einfach nur blöde Begriffe, die er anders versteht. Versuche dann diese Begriffe zu umgehen, damit er es dann doch reinkriegt. Und dass ich dann viel mehr individuell auf die [Schüler, Anm. d. Verf.] eingehe.“ (Student, Interview)

Die Aussagen der Studierenden zeigen deutlich, dass das Seminar Denkanstöße gegeben hat, die Vorstellungsänderungen herbeiführen können. In Sinne der konstruktivistischen Lerntheorie war nicht zu erwarten, dass die Veränderungen bei allen Lernenden in der gleichen Weise stattfinden. Die folgenden Zitate zeigen, wie das Seminar Vorstellungen von Studierenden mit unterschiedlichen Lernausgangslagen beeinflussen konnte. Einer Studentin, die offensichtlich selbst noch einige fachlich falsche Vorstellungen hatte, hat das Seminar geholfen, sich dieser bewusst zu werden, und es sensibilisierte sie darüber hinaus auch für die Vorstellungen ihrer zukünftigen Schüler:

Befragte: „Also, manchmal hatte ich auch dieselben Vorstellungen, die falschen, und das war dann halt auch immer ganz überraschend. Also, wenn wir mal Folien [...] hatten, welche Antwort ist die Richtige – A, B oder C? Und dann hat man selber den gleichen Fehler gemacht, wie die Schüler auch. [...]“

Interviewerin: „Was hast du denn daraus für dich geschlossen, dass du die Schülerantworten ausgewählt hast [...]?“

Befragte: „Ja, dass diese Fehlvorstellungen ziemlich weit verbreitet sind und dass eigentlich, man denkt ja [...] eigentlich so, als Chemiestudent dürfte man die nicht machen, diese Fehler. Aber die schleichen sich halt trotzdem ein.“ (Studentin, Interview)

Einer anderen Studierenden, die nach eigener Angabe keine fachlich falschen Vorstellungen mehr hatte, hat das Seminar ebenfalls die Bedeutung fachlich falscher Vorstellungen für ihre Lehrertätigkeit bewusst gemacht:

„Ich hätte niemals gedacht, dass so viele Schülervorstellungen da sein könnten und dass man wirklich so gezielt auf falsche Vorstellungen eingehen muss. Irgendwie sieht man das gar nicht. Also man selber war ja nicht so ein Schüler in den Fächern, der diese Vorstellung hatte – meistens. Sonst würde man das ja nicht studieren. Aber dann wirklich zu sehen, dass es diese falschen Vorstellungen gibt/. Ich finde das eigentlich ganz wichtig, dass man das als Lehrer eben auch weiß.“ (Studentin, Interview)

4.2.3.3.2.2.4 Bewertung Videografie

Bitte bewerten Sie den Einsatz der Videografie während der Durchführung Ihrer Unterrichtsstunde.

Die Frage nach der Bewertung des Einsatzes von Videografie während der Durchführung der Unterrichtsstunde im Lehr-Lern-Labor wurde zuerst allgemein formuliert, und die Studierenden konnten ihre Bewertung frei äußern. Die meisten Studierenden begründeten ihre Bewertungen ausführlich, was Rückschlüsse auf die Wirkung der Videografie zuließ. Begründeten die Studierenden ihre Bewertung nicht oder nur sehr knapp, wurden sie explizit dazu aufgefordert, darzulegen, welche Erkenntnisse sie aus der Videografie ziehen konnten. Von allen befragten Studierenden bewerteten 50 % den Einsatz der Videografie als positiv, weitere 30 % als eher positiv. 14,5 % der Studierenden empfanden die Videografie als eher negativ, und nur ein Student bewertete sie negativ. Der Einsatz der Videografie wurde von der überwiegenden Anzahl der Studierenden als positiv bewertet.

68 % der Befragten gaben entweder spontan oder auf Rückfrage an, dass sie sich durch die Anwesenheit der Videokameras nicht in ihrem Verhalten beeinflusst gefühlt hätten, wobei sich 18 % erinnerten, die Kameras nur zu Beginn wahrgenommen zu haben. Zwei Studierende äußerten, dass sie sich so lange anders verhalten hätten, bis sie die Kameras vergessen hätten; anschließend schätzten sie ihr Verhalten als unbeeinflusst ein. 16 % der Studierenden gaben an, dass sie dauerhaft von der Anwesenheit der Kameras beeinflusst worden wären. Diese Studierenden können aus ihrem in der Reflexionsphase beobachtbaren Verhalten relativ direkt auf ihr Auftreten und Lehrverhalten zurückschließen[35]. Der verhältnismäßig hohe Anteil der Studierenden, die sich durch die Kameras nicht beeinflusst fühlten oder die Kameras nach einiger Zeit vergaßen, stimmt mit Beobachtungen während der Videografien im „choice2learn“-Projekt überein. Den Studierenden, die angaben, dass ihr Verhalten durch die Anwesenheit der Kameras beeinflusst gewesen sei, ist dieser direkte Rückschluss auf ihr Auftreten und Lehrverhalten nicht unmittelbar möglich. Durch

[35] Einschränkungen ergeben sich vermutlich daraus, dass die Studierenden die Schüler nicht kennen. Ihr Auftreten im Lehr-Lern-Labor steht daher eher exemplarisch für ihr Auftreten vor einer ihnen neuen Lerngruppe als allgemein für ihr Auftreten und ihre Verhaltensweisen als Lehrende.

Integration einer weiteren Reflexionsebene, auf der sie das durch die Kameras beeinflusste Verhalten als solches identifizierten, konnten aber auch diese Studierenden Rückschlüsse aus ihren Videos ableiten.
Einige Studierende formulierten ihren persönlichen Nutzen aus der Videografie spontan, die übrigen wurden gebeten zu erläutern, welche Erkenntnisse sie aus den Videoaufnahmen gewinnen konnten. 17 Studierende (77 %) formulierten Beobachtungen, die sie als Lehrperson und die u. a. ihre Sprache, Stimme und Ausdrucksweisen (41 %) oder ihre Gestik und Mimik (55 %) betrafen. 41 % der Studierenden nannten Situationen, die ihr Verhalten gegenüber den Schülerinnen und Schülern zeigten. Einen weiteren wesentlichen Anteil der Erkenntnisse, die die Studierenden aus der Analyse der Videos gezogen hatten, betraf die Schüler (68 %), konkret ihr Verhalten (36 %), ihren Umgang mit dem Unterrichtsmaterial (23%) oder Diskussionen und Argumentationen, die innerhalb der Schülergruppen geführt und aufgezeichnet worden waren (32 %). Die Studierenden waren in ihren Beobachtungen noch verhältnismäßig stark auf sich selbst und ihr eigenes Lehrverhalten fokussiert, was durch den einmaligen Einsatz der Videografie zu erklären ist. Dass trotz dieser anfänglich normalen Zentrierung der Aufmerksamkeit der Studierenden auf sich selbst (68 % der Studierenden) im Interview auch die Schüler betreffende Erkenntnisse erinnert und genannt wurden, wird positiv gewertet. Das Ergebnis kann als Hinweis auf die Wirksamkeit des zweigeteilten Vorgehens der Auswertung (Abschnitt 4.2.2.3.4) verstanden werden. Das speziell für den Umgang mit im Lehr-Lern-Labor entstandenen Videos entwickelte Vorgehen der Auswertung lässt den Studierenden zuerst Raum, sich selbst und ihre Lehrerpersönlichkeit zu betrachten. Anschließend lenken Leitfragen ihre Aufmerksamkeit aber auf die Schüler und deren Interaktion untereinander.
77 % der Studierenden gaben an, dass sie auch in Zukunft noch einmal an einer Veranstaltung, die eine Videografie beinhaltete, teilnehmen würden. Etwas über 13 % der Studierenden würden nicht noch einmal freiwillig an einer Videografie teilnehmen. Zwei Studierende äußerten sich nicht zu dieser Frage. Die überwiegend positiven Erfahrungen der Studierenden bilden einen Nährboden, auf dem viele der Studierenden dieses Seminars nach eigenen Aussagen auch in Zukunft an einer Videografie in der ersten oder zweiten Phase der Lehrerausbildung teilnehmen würden. Dies wäre wünschenswert, da einige positive Wirkungen von Videografie sich erst nach mehreren Durchführungen nachweisen lassen (Dorlöchter et al. 2008). Es bleibt zu hoffen, dass ihre positiven Erfahrungen die Studierenden in Zukunft zu weiteren Videografien motivieren. Doch auch die Studierenden, die sich negativ gegenüber

der Videografie äußerten und in Zukunft an keiner Videografie teilnehmen möchten, haben von der einmaligen Erprobung insofern profitiert, dass sie diese Erkenntnis in einem bewertungsfreien Rahmen gewinnen konnten und ihre ablehnende Haltung gegenüber dieser Methode in Zukunft z. B. in einer anderen universitären Lehrveranstaltung oder während des Referendariats begründet darlegen können.

4.2.3.3.3 Ergebnisse der Portfolios

Die begleitend zum Seminar von den Studierenden angefertigten Portfolios dienten zum einen als unbenotete Leistungsnachweise, zum anderen als individuelle Reflexionsinstrumente, die die Studierenden anregen sollten, über die Inhalte des Seminars und ihre eigenen Vorstellungen nachzudenken. Für den Einsatz in der Evaluation sollten sie daher eher als auswertbare Artefakte verstanden werden denn als Evaluationsinstrumente. Für zwei Aspekte der Evaluation waren diese Artefakte trotzdem sehr wertvoll. Zum einen konnte das Ziel, sie als Reflexionsinstrumente einzusetzen, überprüft werden; hierzu werden die Inhalte zweier unterschiedlicher Portfolios exemplarisch vorgestellt und verglichen (Abschnitt 4.2.3.3.3.1). Zum anderen konnten die Aussagen der Studierenden zu Inhalten des Seminars und ihre schriftlich festgehaltenen Überlegungen für die Theoriebildung während der Retrospektiven Analyse genutzt werden (Abschnitte 4.2.3.3.3.2 und 5.2). Wie in die Evaluation der Interviews gingen auch nur die Portfolios des letzten Seminardurchgangs in die Auswertung und die Retrospektive Analyse ein.

4.2.3.3.3.1 Deskriptive Gegenüberstellung von zwei Portfolios

Das primäre Ziel der Portfolios bestand darin, die Studierenden zur Reflexion über die Inhalte des Seminars anzuregen. Inwiefern dieses Ziel durch die Portfolios erreicht werden konnte, soll exemplarisch anhand von zwei Portfolios dargestellt werden. Es wurden zwei Portfolios gewählt, die aufgrund ihres Umfangs zeigen, dass die Studierenden einen angemessenen Zeitumfang in die Erstellung des Portfolios investiert haben. Die Portfolios unterschieden sich aber deutlich im Ausmaß, in dem die Studierenden ihre Reflexionen festgehalten haben. Zur Wahrung ihrer Anonymität wird unabhängig von ihrem realen Geschlecht die männliche Form verwendet.

Voraussetzungen und Erwartungen an das Seminar

Der Student, der **Portfolio A** anfertigte, war 23 Jahre alt. Er studierte zum Zeitpunkt des Seminars im Bachelorstudiengang für das Lehramt an Haupt- und Realschulen

im fünften Fachsemester Chemie und Theologie. Von der Veranstaltung wünschte[36] er sich, viele Methoden für den Unterricht kennenzulernen, und wollte lernen, wie er „eine Unterrichteinheit didaktisch [...] am sinnvollsten aufbauen kann. damit daraus ein guter Unterricht wird." Diesen Wunsch konkretisierte er so:

> „Bis jetzt habe ich noch nie eine Unterrichtstunde so konzipiert, dass ich wusste, welche Kompetenzen bei den Schülern gestärkt werden und welche nicht. [Oder, Anm. d. Verf.] wie ich einen guten Übergang oder Einstieg in ein Thema finde. Es wäre einfach toll, einige Einstiege kennenzulernen. Vielleicht herrscht auch ein Buch vor, wo verschiedene Einstiege notiert sind. Falls du so was wissen solltest, wäre es super, es zu erfahren.
>
> Ich erwarte, dass mir gezeigt wird, wie ich eine richtige Unterrichtstunde erstelle, und zwar vom Anfang an bis zum Ende. Ich möchte aber auch gerne Beispiele mitbekommen, wie Unterrichtstunden sein können." (Student, Portfolio A)

Seine Erwartungen an das Seminar waren im Wesentlichen allgemein- und fachdidaktische Fragestellungen, sie berücksichtigten aber nicht das konkrete Thema des Seminars. Dies ist vermutlich auch darauf zurückzuführen, dass er nach eigener Angabe noch keine Veranstaltung besucht hatte, die Informationen über „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht" beinhaltete. Aufgrund des Lehrplans der Bachelorstudierenden dieses Lehramts erscheint es sehr unwahrscheinlich, dass der Student noch nie eine Veranstaltung besucht hatte, die Schülervorstellungen thematisierte. Dass er die Frage nach einer solchen Veranstaltung verneint, lässt darauf schließen, dass ihm die Thematik als solche nicht bewusst geworden war.

Portfolio B wurde von einem 20-jährigen Studenten angefertigt, der im dritten Semester ebenfalls im Bachelorstudiengang für das Lehramt an Haupt- und Realschulen studierte. Zusätzlich zu Chemie studierte er Mathematik. Dieser Student hatte nach eigenen Angaben noch keine fachdidaktische Veranstaltung besucht, er gab aber an, in zwei fachwissenschaftlichen Veranstaltungen bereits Informationen über Schülervorstellungen erhalten zu haben. Er verstand die Didaktik als Voraussetzung für guten Unterricht: „Ohne Didaktik ist kein guter Unterricht möglich, so dass im Studium diese Basis geschaffen werden muss. Ich erwarte folglich die Einführung in grundlegende Techniken und Theorien." Der überwiegende Anteil seiner Erwartungen nahm direkten Bezug zum Thema Schülervorstellungen:

> „Das Seminar heißt "Stolpersteine im Chemieunterricht" und speziell daran sind weitere Erwartungen geknüpft. Ein Schwerpunkt des Seminars werden Schülervorstellungen sein.

[36] Vor der zweiten Seminarwoche wurden die Studierenden gebeten, ihre Erwartungen an das Seminar zu formulieren und diese Antwort der Seminarleitung zukommen zu lassen. Diese erste Impulsfrage lautete: „Notieren Sie Ihre Erwartungen an die Seminareinheit „Stolpersteine im Chemieunterricht".

> Schülerinnen und Schüler haben nicht immer die richtigen Vorstellungen aus Sicht der Chemie. Wie heute besprochen, liegt das an mehreren Einflussfaktoren, wie das Stiften von Verwirrung durch Alltagssprache. Ich erwarte also zusätzlich, dass ich in dieser Thematik unterrichtet werde.
>
> Fragen wie
>
> - Wie entstehen falsche Schülervorstellungen?
> - Wie kann man falsche Schülervorstelllungen am besten korrigieren?
> - Gibt es Präventivmaßnahmen gegen falsche Schülervorstellungen?
>
> sollen im Laufe des Seminars beantwortet werden.“ (Student, Portfolio B)

Dieser Student formulierte auch Erwartungen an die in der ersten Seminarstunde in Aussicht gestellte Arbeit mit Schülern:

> „Da wir im Seminar mit "echten" Schülerinnen und Schülern zu tun haben werden und selber eine Unterrichtsstunde planen, erhoffe ich mir weitere Einblicke. Die besprochenen Theorien werden in der Praxis überprüft und das angeeignete Wissen auf die Probe gestellt. Theorie und Praxis sind immer zwei Paar Schuhe. Ich hoffe, beide Paar Schuhe im Seminar anzuprobieren.“ (Student, Portfolio B)

Seine Erwartungen an die Schülerbesuche zeigten, des er Sinn und Zweck der praktischen Tätigkeit in der universitären Ausbildung bereits vor Beginn des Seminars hinterfragte und sinnvolle Erwartungen formulieren konnte.
Außerdem zeigte er ein sehr hohes Maß an Selbstreflexion bezüglich seiner Kenntnisse und Fähigkeiten im Kontext Schülervorstellungen.

> „Durch den Fragebogen in der ersten Sitzung ist mir klargeworden, dass ich (noch) nicht mit falschen Schülervorstellungen klarkomme, geschweige denn [diese, Anm. d. Verf.] immer erkenne.“ (Student, Portfolio B)

<u>Reflexionen über Inhalte der Theoretischen Fundierung</u>

Zu jeder Seminarsitzung erhielten die Studierenden Impulsfragen, die sie bei der Erstellung des Portfolios unterstützen sollten. Zu den meisten Seminarsitzungen während der Theoretischen Fundierung erhielten die Studierenden diese oder ähnliche Fragen:

- Skizzieren Sie kurz die Inhalte des Seminars.
- Was habe ich heute Neues erfahren?
- Welche Bedeutung haben die neu kennengelernten und die wiederholten Inhalte für meine zukünftige Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer?
- Das Bemerkenswerteste der Seminarsitzung war für mich ...

Ergänzend erhielten die Studierenden Fragen, die auf die Inhalte der konkreten Seminarstunde ausgerichtet waren. Eine Übersicht über die im zweiten Durchgang

der Hauptstudie zur Verfügung gestellten Impulsfragen können im Anhang C eingesehen werden. Aufgaben, die primär der Wiederholung und Sicherung der Seminarinhalte dienten, wurden nicht ausgewertet.

Zuerst werden exemplarisch die Portfolioeinträge zur dritten Seminardoppelstunde gegenübergestellt. In dieser Seminardoppelstunde standen Ursachen von Schülervorstellungen (der Einsatz von Modellen, didaktische Vereinfachungen, chemische Formelsprache und Stöchiometrie, Alltagssprache und Medien und der Einfluss anderer Unterrichtsfächer) auf dem Lehrplan. Während der zweiten Seminarstunde sollten die Studierenden einen Unterrichtseinstieg in eine Unterrichtsstunde entwerfen, die der Auseinandersetzung mit einer von ihnen festgelegten Schülervorstellung gewidmet war. Die Studierenden mussten sich also zuerst für eine Vorstellung entscheiden und sollten anschließend einen Einstieg in diese Stunde planen. Die Unterrichtseinstiege wurden im Plenum vorgestellt.

Im **Portfolio A** wurden die Impulsfragen zur Seminarstunde nicht einzeln, sondern in Form eines zusammenhängenden Textes beantwortet. Innerhalb der Antwort wurden Darstellungen des Inhaltes mit Reflexionen verknüpft, wie in diesem Beispiel:

> „Die Inhalte des Seminars gingen größtenteils darüber, wo Probleme auftauchen konnten, wenn Schülern und Schülerinnen etwas beigebracht wird, und wo allgemeine Probleme im Alltag vorliegen. Der Einstieg besprach das Problem der Energieumwandlung. Viele Menschen äußern sich, dass der Strom verbraucht wurde und somit weg sei. Diese Vorstellung ist weit verbreitet. Als Lehrer sollte man darum darauf achten, den Schülern und Schülerinnen eine neue Vorstellung zu überliefern.“ (Student, Portfolio A)

Wie in diesem Zitat konzentrierte sich dieser Student bei der Beantwortung der Impulsfragen verhältnismäßig stark auf die Lehrerperspektive. Er sprach davon, dass „Schülern etwas beigebracht wird“ und dass „Lehrer neue Vorstellungen überliefern“. Auch die Beschäftigung mit Schwierigkeiten, die aus der Verwendung von Modellen im Unterricht resultieren können, reflektierte er im Nachhinein aus Lehrerperspektive, indem er die Verantwortung des Lehrers für die Wahl des Models betont.

> „Des Weiterem haben wir mit einer neuen Methode Placemate verschiedene Modelle erarbeitet [...]. Wir sind zum Entschluss gekommen, dass Modelle immer nur Modelle bleiben und auch viele Schwierigkeiten mit sich bringen. Wenn wir uns einmal für ein Modell im Unterricht entscheiden und die Begründung nachvollziehbar scheint, dann kann niemand etwas gegen das Modell sagen. Die Entscheidung, für welches Modell wir uns entscheiden, liegt bei uns selbst, und es gibt kein richtiges oder falsches Modell. Jede Darstellung hat ihre Vor- und Nachteile.“ (Student, Portfolio A)

Die Entscheidung des Lehrers wurde, sofern sie gut begründet ist, als unanfechtbar dargestellt, da es „kein richtiges oder falsches Modell“ gebe. Chancen und Risiken, die sich aus der Arbeit mit Modellen für Schüler ergeben, wurden nicht genannt.
Bezüglich seiner eigenen Fähigkeiten äußerte der Student sich sehr reflektiert und selbstkritisch:

> „Die Gruppenarbeit, wo wir [uns, Anm. d. Verf.] einen neuen Themeneinstieg für eine Klasse auszudenken sollten, fand ich ziemlich schwer. Im Moment tue ich mich mit Unterrichtseinstiegen schwer, aber je öfter wir es im Seminar üben werden, desto mehr hoffe ich, besser zu werden. Es ist gut sich mal auszutauschen und auch die Ideen der anderen mitzubekommen.“ (Student, Portfolio A)

Ein Ratschlag zur Möglichkeit, Gruppenarbeit auch in vorgegebenen Sitzordnungen zu erleichtern, blieb dem Studenten in besonderer Erinnerung:

> „Gut fand ich den Sitz-Tipp in Fachräumen. Oft sind die Tische in Fachräumen fest verankert und unbeweglich. Somit wird das Arbeiten in Gruppen zu einem Problem.“ (Student, Portfolio A)

In **Portfolio B** wurden die Impulsfragen voneinander getrennt beantwortet. Die erste Frage, nach den Inhalten des Seminars, wurde deskriptiv und nicht reflektierend beantwortet. Auf die Frage nach Neuheiten im Seminar notierte der Student in sein Portfolio:

> „Vor der Sitzung war mir nicht bewusst, wie gravierend der Einfluss anderer Unterrichtsfächer ist. Es war mir klar, dass Schülerinnen und Schüler falsche Vorstellungen von der Elektrochemie haben, jedoch nicht in welchem Ausmaß. Die Befragung von Frau Marohn machte mir dies deutlich. Außerdem habe ich mir vorher nie Gedanken über Merksätze gemacht. Ich hätte einfach die Merksätze meines Lehrers übernommen ohne über potentielle Fehlinterpretationen nachzudenken.“ (Student, Portfolio B)

Die Antwort zeigte, dass der Student sehr bewusst über seinen Lernprozess im Verlauf der Seminarsitzung reflektiert, indem er seinen Kenntnisstand vor der Seminarstunde benennt und darlegt, wie dieser im Verlauf des Seminars erweitert wurde.
Die Bedeutung der Seminarinhalte für seine zukünftige Tätigkeit beschrieb er wie folgt:

> „Zum einen werde ich mich in der Unterrichtsvorbereitung stärker auf Schülervorstellungen vorbereiten. Ich muss bedenken, dass Schülerinnen und Schüler bereits über den kommenden Unterrichtsstoff gefährliches Halbwissen durch Medien haben. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass Schülerinnen und Schüler die Inhalte von anderen Unterrichtsfächern auf den Chemieunterricht übertragen, was an sich ja gewünscht ist. Jedoch dürfen selbstverständlich nicht verschiedene Themen wie Zellkern und Atomkern zusammengeschmissen werden, nur weil das Wort "Kern" in beiden steckt.“ (Student, Portfolio B)

Dieser Student bedachte sowohl die Lehrer- als auch die Schülerperspektive. Er berücksichtigte das Vorwissen und mögliche Ursachen für fachlich falsche Vorstellungen der Schüler und formulierte Möglichkeiten, mit denen er als Lehrer diesen Vorstellungen entgegenwirken kann. Er benannte allerdings keine konkreten Möglichkeiten, sondern verblieb auf einer abstrakten Ebene, wenn er schrieb, er werde sich „stärker vorbereiten“ und Inhalte aus unterschiedlichen Unterrichtsfächern „dürften nicht zusammengeschmissen“ werden.

Als besonders bemerkenswert empfand der Student die Methode des Placemat, die zur Erarbeitung von Grenzen und Möglichkeiten im Einsatz von Modellen im Chemieunterricht eingesetzt wurde:

> „Ich kannte diese zwar schon vorher durch den Deutschunterricht, jedoch habe ich mir nie ernsthafte Gedanken über diese Methode gemacht. Ich hätte nicht gedacht, dass diese Methode auch im Chemieunterricht sinnvoll einsetzbar ist. Des Weiteren habe ich durch die Seminarsitzung die Vorteile der Methode kennengelernt, welche weitreichender sind als ich dachte.“ (Student, Portfolio B)

Auch in dieser Antwort reflektierte er über seinen Lernzuwachs.

<u>Reflexionen über die Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer selbst geplanten Unterrichtssequenz im Lehr-Lern-Labor</u>

In der 8. und 9. Seminarstunde erhielten die Studierenden den Auftrag, eine Unterrichtssequenz zu entwickeln, die eine (oder mehrere) Schülervorstellung/en diagnostizierte und anschließend versuchte, diese zu verändern. Diese Unterrichtssequenz wurde dann im Lehr-Lern-Labor durchgeführt, videografiert und in der nächsten Seminarstunde ausgewertet.

Die Gruppe des Studenten, der **Portfolio A** anfertigte, entschied sich für eine Unterrichtsstunde zum Thema Dichte, die sie mit Schülern einer siebten Klasse durchführen wollten. Der Student dokumentierte den Ablauf der Planung sehr genau. Folgend werden Auszüge aus dieser Planung zitiert:

- „Zum Thema Dichte könnte man den Versuch „Dichtevergleich von Coca-Cola und Coca-Cola light“ machen. Der Versuch wäre auch für die Schüler interessant, weil er einen Alltagsbezug aufweist.
- Wir besprachen, was wir für den Versuch brauchen.
- Dann kam eine gemeinsame Einteilung der Unterrichtsstunde in die jeweiligen Phasen. [...]
- Ideen sammeln, wie wir die Schüler auflockern können. Erste Idee war, dass wir eine Vorstellungsrunde machen. Dann sind wir zum Entschluss gekommen, dass es leider zu lange Zeit einnimmt. Entschieden uns dafür, dass wir das kurze Frage-Aufstellungsspiel machen wollen. Es werden drei nicht-chemische Fragen gestellt und die Schüler müssen sich im Raum zusammenfinden. Dabei haben wir vorher überlegt, wie lange diese Phase

sein soll und wie viele Fragen gestellt werden sollen. Die Auflockerung soll nicht die ganze Stunde in Anspruch nehmen.
- Die nächste Frage, die uns beschäftigt hat, war, wie steigen wir in unser chemisches Thema ein. Fangen wir mit einem Experiment an, das einen Widerspruch erzeugen soll? Die eine Dose schwimmt oben und die andere sinkt auf den Boden. Die Idee wurde verworfen, da die Schüler keine Möglichkeit hatten, selbst zu experimentieren.
- Ein neuer Einstieg muss gesucht werden, die Idee, dass wir mit einem Comic einsteigen, ist entstanden. Ich zeichne einen eigenen Comic, der auf das Problem hinführt. So können alle Schüler sich arrangieren, auch wenn sie nicht das größte Interesse am Fach Chemie haben.
- Wie sollen wir die Schülervorstellungen festhalten? Wenn wir sie mündlich einfangen, dann erfassen wir nicht alle Vorstellungen. Die Schülervorstellungen werden stattdessen mit einem kurzen Fragebogen anonym eingeholt. Es werden drei Antwortmöglichkeiten zu Verfügung gestellt. [...]
- [...] Das Experiment als Demoexperiment zu zeigen, ist für Schüler sehr langweilig. Es hat jedoch die Vorteile, dass man nicht viel Material zusammensuchen muss und dass es schneller geht. Wir haben uns entschieden, dass das Experiment in Kleingruppen durchgeführt werden soll.
- Wie sollen die Kleingruppen ihre Beobachtungen dokumentieren? Mündlich oder schriftlich? Die Entscheidung fiel auf eine schriftliche Dokumentation. Die Schüler erhalten Arbeitsblätter, um sowohl die Beobachtungen als auch den Verlauf der Stunde festzuhalten.
- Wie deuten wir [...], dass die unterschiedlichen Massen etwas mit den Zutaten zu tun haben? Die Schüler sollen erst mal selbst nachdenken, dann sich mit den Nachbarn austauschen und dann im Plenum. Dabei wird die Kommunikation gefördert. Jeder Schüler muss sich eigene Gedanken machen.
- Dann wird eine Zutatenliste gezeigt. Wir verweisen auf die unterschiedlichen Angaben von Kohlenhydraten.
- Um es visuell zu verdeutlichen, wiegen wir die genannte Zuckermasse ab und zeigen sie den Schülern. Damit werden die Sinne angeregt und das Ergebnis verbleibt besser im Gedächtnis.
- Die Sicherung der Unterrichtsstunde [...] [erfolgt, Anm. d. Verf.] in einem Unterrichtsgespräch [...]. Es wird ein gemeinsamer Abschlusssatz formuliert. Die Schüler und Schülerinnen sind am Ergebnis [...] beteiligt. Die eigenständige Arbeit hilft dabei, dass die Erinnerung an das Experiment besser sein wird.“ (Student, Portfolio A)

Diese sehr ausführliche Planung zeigt, dass die Studierenden sich bereits in der Vorbereitung viele Gedanken zur Entwicklung und Optimierung ihrer Unterrichtssequenz gemacht haben und dass sie einen Fokus auf die Schülerorientierung des Unterrichts gesetzt haben. Aus dieser Planung entstand der folgend dargestellte tabellarische Unterrichtsverlauf:

Tabelle 7: Unterrichtsverlaufsplan Portfolio A

Phase	**Inhalt**	**Sozialform/ Methode**	**Medien**
Einstieg in die Stunde	Vorstellung Aktivierungsspiel: SuS stehen auf und ordnen sich nach: 1. Lieblingsfußballmannschaft 2. Lieblingsfarbe 3. Lieblingsgetränke	Lehrervortrag Schüler-Lehrer-Gespräch	-
Einstieg in das Thema	Comicvorstellung SuS beschreiben und lesen den Comic	SuS-Beiträge	Comic auf Folie, Tageslicht-projektor
Hinführung zum Problem	Letzte Frage des Comics wird herausgestellt: Wie verhalten sich die beiden Dosen zueinander?	-	Comic
Hypothese/ Vermutungen erkennen	Arbeitsblatt I wird ausgeteilt. SuS kreuzen ihre Vermutung an. Arbeitsblatt I wird eingesammelt und sortiert.	Lehrer-aktivität Einzelarbeit	Arbeitsblatt I Schilder mit der Beschriftung A bis D
Hypothesenüberprüfung	Welche Möglichkeiten gibt es, die Hypothesen zu überprüfen? Experiment: Die Dosen werden in Standzylinder gegeben, die Eiswasser enthalten Arbeitsblatt II wird ausgeführt: - Materialien - Durchführung Versuchsaufbau	Frage an SuS Gruppen-arbeit	Standzylinder Eiswasser, Getränkedosen, Arbeitsblatt II
Übersicht erstellen/ Ergebnisse sammeln	Sammeln und Notieren der Beobachtungen; Gruppen stellen ihre Ergebnisse dar → Coca-Cola Original geht im Eiswasser unter, Coca-Cola light schwimmt im Eiswasser	Schüler-beiträge	Arbeitsblatt II
Sollbruchstelle			
Hypothese/ Vermutungen erkennen	Warum geht die eine Dose im Eiswasser unter und die andere nicht? Antworten von SuS werden eingeholt	Think-pair-share (1min,1min) SuS-Beiträge	-
Hypothesenüberprüfung	Zutatenliste und Zuckermenge darstellen	Lehrer-aktivität	Zutatenliste, Tafel, Zuckerberg
Sicherung	Gemeinsame Auswertung im Arbeitsblatt II: Die Coca-Cola Dose ist schwerer als die Coca-Cola light Dose, weil sich die Inhaltsstoffe unterscheiden. Die Coca-Cola light enthält im Gegensatz zur Coca-Cola keinen Zucker. In einer Dose Coca-Cola sind 35g Zucker enthalten, der den Gewichtsunterschied ausmacht.	Schüler-Lehrer-Gespräch	Arbeitsblatt II

Auf die Impulsfrage nach Erwartungen, Hoffnungen und Befürchtungen im Zusammenhang mit der Durchführung des eigenen Unterrichts notierte der Student:

„Ich hoffe, dass es falsche Vorstellungen geben wird. Weiterhin möchte ich, dass die Schüler mit uns zusammenarbeiten und an der Unterrichtstunde Spaß haben. Ich befürchte, dass die Zeit ein wenig knapp wird und wir nur zu unser geplanten Sollbruchstelle kommen. Eine weitere Befürchtung ist, dass die Schüler kein Interesse an dem Experiment haben. Im Moment finden wir auch keine geeigneten Dosen, die die Coca-Cola Dosen ersetzten. Es müssen Dosen sein, die es sowohl als Light gibt und [die, Anm. d. Verf.] auch in normal da sind. Sonst können wir unseren Einstiegscomic vergessen, weil dieser nämlich auf dem Thema light aufgebaut ist.“ (Student, Portfolio A)

Unmittelbar nach der Durchführung der Unterrichtssequenz notierte der Student, wie der geplante Unterricht verlaufen ist:

„Wir haben den Verlauf während der Unterrichtsstunde spontan geändert, weil es uns auf einmal sinnvoller erschien. Zuerst war alles wie geplant. Ein Spiel zum Einstieg, dann der Comic als Themeneinstieg und dann wollten wir eigentlich die Vorstellungen einholen, aber wir haben stattdessen nach verschiedenen Methoden gefragt, wie man herausfinden könnte, ob light wirklich leichter ist und die eine Coca-Cola Dose somit auch leichter sei. Dann erst haben wir das Blatt zur Vorstellung rausgegeben und geschaut, welche Vorstellungen in der Klasse vorhanden sind. Es ging weiter wie geplant mit dem Experiment. Die Frage, wie viel Zucker in einer Dose Coca-Cola vorliegt, haben wir spontan mit einem Ratespiel verknüpft. Die Schülerinnen und Schüler sollten vorher eine Anzahl an Zuckerwürfeln nennen, und dann legte Anna [Name geändert, Anm. d. Verf.] immer wieder einen Zuckerwürfel auf den Tisch in eine Schale. Die Klasse rief dann, ob es noch einer sein sollte oder nicht. Wir haben uns eigentlich schon vorher überlegt, falls eine gute Erklärung seitens der Schülerinnen und Schüler kommt, dass wir dann diese benutzen, statt unsere, aber dazu ist es nicht gekommen. Wir haben unsere Erklärung verwendet.“ (Student, Portfolio A)

Außerdem hielt er fest, was gut funktioniert hatte:

„Die Kommunikation, das Spiel am Anfang und das Experiment. Außerdem hat gut geklappt, dass die SuS leise und fleißig waren.“ (Student, Portfolio A)

Was weniger gut funktionierte:

„Dass sich immer wieder nur die gleichen SuS gemeldet haben. Wir haben versucht, auch die anderen SuS miteinzubeziehen, indem wir gefragt haben, was sie für Beobachtungen gemacht haben. Das hat dann wieder gut geklappt, nur von alleine haben die SuS nichts gesagt. Des Weiteren hat nicht so gut geklappt, dass wir nicht auf die Formulierung der Erklärung von den Schülern eingegangen sind.“ (Student, Portfolio A)

Und wie er die Unterrichtsstunde bei einer erneuten Durchführung verändern würde:

„Ich würde statt unserem Erklärungssatz den Satz der Schülerin wählen, die einen guten Satz formuliert hat. Ich denke, dass eine schülerformulierte Antwort besser ist als eine durch den Lehrer vorgegebene Antwort.“ (Student, Portfolio A)

Während der Analyse des Videomaterials entwickelte der Student Verbesserungsvorschläge bezüglich seines Auftretens und seiner Sprache. Da es sich hierbei um sehr persönliche Überlegungen handelt, werden diese hier nicht näher erläutert.

Die videogestützte Auswertung des Unterrichts wurde sehr detailliert vorgenommen. Auf die Frage, ob die gestellten Aufgaben/Impulse so funktioniert hätten wie geplant, notierte der Student:

> „Unser Einstieg in die Stunde war ein Comic, wo das Thema Dichte von Coca-Cola und Coca-Cola Light besprochen wurde. Als wir den Comic besprachen, haben die Schüler gewusst, dass die beiden Dosen eine unterschiedliche Dichte haben. Sie konnten auch den Grund dafür sagen, warum die Dichte der beiden Dosen unterschiedlich schwer sei. Da habe ich erst kurz Angst bekommen, dass die Schüler keine fachlich falschen Vorstellungen [...] [haben, Anm. d. Verf.] werden. Doch bei der anonymen Abfrage der einzelnen Vorstellungen sind doch noch falsche Vorstellungen vorgekommen." (Student, Portfolio A)

Diese Erfahrung war insofern wichtig, da der Student erlebt hat, dass fachlich richtige Antworten im Plenum nicht automatisch bedeuten, dass alle Schüler der Lerngruppe den Inhalt fachlich richtig verstanden haben. Dies reflektierte der Student wie folgt:

> „Ich bin mir jetzt bewusst, dass Schüler auch einfach Fachbegriffe nennen, die gerade zum Thema passen. Aber fragt man bei den SuS genauer nach, findet man fachlich falsche Vorstellungen. Deswegen sollte man nicht immer gleich davon ausgehen, wenn SuS mal ein richtiges Fachwort genannt haben, dass sie das ganze naturwissenschaftliche Prinzip dahinter auch verstanden haben. Bei SuS, die nur mit einem Wort auf Fragen antworten, sollte man sich die Mühe machen und nachhaken bzw. nachfragen. Der Schüler oder die Schülerin sollte auf die Frage in einem ganzen Satz antworten bzw. ihre Antwort ein wenig erklären." (Student, Portfolio A)

Und er zog daraus für sich den folgenden Schluss:

> „Ich ziehe daraus, dass sich hinter Ein-Wort-Antworten eventuell fachlich falsche Vorstellungen verbergen, die ich mit Hilfe von gezieltem Hinterfragen herauskitzeln kann, um sie dann zu minieren oder sogar zu beseitigen. Ich bin mir im Klaren, dass die Klasse immer eine heterogene Gruppe ist, die sowohl gute auch als schlechtere Schüler hat." (Student, Portfolio A)

Den Einsatz der Videografie bewertete dieser Student durchweg positiv, formulierte aber seine Erkenntnisse (ähnlich wie schon in der Reflexion der Seminarstunde) in einer eher unpersönlichen Sprache.

> „Durch die Videografie hat man erkannt bzw. ist einem noch bewusster geworden, wie man sich in einzelnen Phasen des Unterrichts verhalten hat. Vielleicht sind einem sogar kleine Fehler aufgefallen, dass man viel zu weit weg von den SuS stand oder sich kurzzeitig auf etwas anderes konzentriert hat, was man eigentlich nicht sollte (Bleistift), weil auch die Aufmerksamkeit der Schüler sich auf die Sache richten kann. Man kann auch gut an der Videografie erkennen, ob die einzelnen Phasen überhaupt in ihrer Abfolge Sinn machen. Das wird einem eventuell ohne diese Methode gar nicht so bewusst." (Student, Portfolio A)

Der Verfasser des **Portfolios B** war Mitglied einer Gruppe, die Vorstellungen zum Teilchenmodell untersuchte und diese mit Hilfe von Modellen erklären wollte. Da

der Student selbst in der ersten Stunde der Unterrichtsplanung nicht am Seminar teilgenommen hatte, fiel seine Beschreibung der Planung eher kurz aus:

> „Die erste Idee war, dass den Schülerinnen und Schülern, durch den Versuch "Mischen von Wasser und Ethanol" und dem Modellversuch "Erbsen und Senfkörner", die Vorstellung von "nichts" zwischen den kleinsten Teilchen vermittelt wird. Diese Idee scheiterte jedoch an der Tatsache, dass der Modellversuch zwar eine Schülerfehlvorstellung verbessert, jedoch kommen neue Fehlvorstellungen auf. Die Schülerinnen und Schüler könnten denken, dass die Volumenkontraktion an den verschiedenen Größen der Teilchen liegen könnte und nicht an den Wechselwirkungen.
>
> Daraus folgte die zweite Idee: Einen Versuch einfügen, der eine Volumenzunahme zeigt, und dies mit einem Modellversuch untermalen. Des Weiteren werden wir die Modellversuche erklären und deutlich machen, dass es nur Modelle zur Anschaulichkeit sind.
>
> Schließlich wurden nach und nach nur noch Feinjustierungen am Verlauf der Unterrichtsstunde unternommen.“ (Student, Portfolio B)

Trotz der Kürze z. B. im Vergleich zur Planung in Portfolio A zeigte diese Planung, dass die Studierenden sich ausführlich mit der zuerst gewählten Schülervorstellung beschäftigt haben und ihre Planung aufgrund der Bedenken, eine fachlich falsche Schülervorstellung hervorzurufen, überdacht und verändert haben. Aus der Planung entstand der folgend dargestellte tabellarische Unterrichtsentwurf:

Tabelle 8: Unterrichtsverlaufsplan Portfolio B

Phase	Inhalt	Sozialform/Methode	Medien
Einstieg	Wiederholung Teilchenmodell: Schülervorstellung von Wasser	Fischgräten-Methode[37] mit anschließender kurzer Zusammenfassung der unterschiedlichen Ergebnisse	Haftnotizen
Hypothesenbildung (resultiert aus Zusammenfassung)	Zentrale Schülervorstellungen sollen diskutiert werden	Unterrichtsgespräch	An Tafel festhalten (immer im Hintergrund)
Erarbeitung des Versuchs	Arbeitsblatt wird kurz durchgesprochen, SuS werden in Gruppen aufgeteilt		Arbeitsblätter
Versuchsaufbau und -durchführung	Versuch wird aufgebaut und durchgeführt. SuS sollen zuvor Beobachtungen vermuten und notieren	Schülerversuch	Materialien

[37] Der Student meint hier das Fischgrätendiagramm nach Brüning und Saum (2009c). Die Gruppe hat die Fischgräten-Form verwendet, das Diagramm aber zum Sammeln von Vorstellungen abgewandelt.

Modellversuch	Erbsen-Senfkorn-Versuch, Würfel-Kugel-Versuch (Versuche sind nur zur Veranschaulichung, unterschiedliche Größe und Form ist keine Begründung)	Lehrerversuch mit Erklärung	Materialien
Ergebnissicherung/ Auswertung	Lehrer wird mehr erklären müssen, da es neu für SuS ist: Stoffe bestehen aus Teilchen, nicht aus undefinierten Massen, zwischen Teilchen ist nichts, Volumenzunahme/-abnahme: Temperatur, Druck	Unterrichtsgespräch	
Aufräumen	Versuchsabbau (Geräte werden gesäubert usw.)	Getümmel	

Die Impulsfrage nach Erwartungen, Hoffnungen und Befürchtungen im Zusammenhang mit der Durchführung des eigenen Unterrichts beantwortete der Student so:

„Ich erwarte eine Unterrichtsstunde, die den Schülerinnen und Schülern neue Vorstellungen vermittelt und [, dass, Anm. d. Verf.] die Kinder ihre bisherigen falschen überdenken.

Ich hoffe auf eine aus meiner Sicht erfolgreiche Unterrichtsstunde ohne viele Fehler. Der Unterrichtsentwurf ist vielleicht nicht der beste, aber wenn wir diesen in der Stunde verwirklichen, habe ich mein persönliches Ziel erreicht.

Ich befürchte, einen Fehler in der Planung gemacht zu haben. Es ist nicht gut, wenn der geplante Unterricht spontan gehalten werden muss, da das Geplante nicht umsetzbar ist oder ähnliches. Des Weiteren befürchte ich, dass spontan irgendwelche Ungereimtheiten auftreten werden, auf die wir nicht angemessen reagieren können.“ (Student, Portfolio B)

Im Anschluss an das Lehr-Lern-Labor hielt auch dieser Student den Verlauf der Unterrichtssequenz fest:

„Der Anfang verlief wie geplant. Bei der Wiederholung des Teilchenmodells ist jedoch aufgefallen, dass nicht so viele Fehlvorstellungen vorhanden waren, wie wir dachten, so dass ein späterer Bezug nicht nötig war. Die Besprechung der Vorstellungen verlief eher schleppend. Es fiel auf, dass manche Schülerinnen und Schüler sehr motiviert waren, andere wiederum eher weniger. Zwei Schüler waren extrem unkonzentriert und piksten sich gegenseitig mit Tiegelzangen. Erst als man als Lehrer Präsenz zeigte, indem man hinter ihnen stand, wurde es weniger. Die Versuche wurden gut durchgeführt, auch wenn unerwartete Fehler auftraten (50 ml Wasser und 50 ml Wasser zusammengeben ergeben insgesamt 90 ml. Der Tisch war komplett nass und sie waren überrascht, dass es nur 90 ml waren, manche haben nur das Volumen geschätzt; es waren 98 ml und sie sagten 100 ml...). Bei der Besprechung der Versuche wollten die Schüler auf die Größe der Moleküle hinaus, was leider durch den Modellversuch bestärkt wurde. Im Gespräch während der Versuche konnten sich

> viele Schülerinnen und Schüler gar keinen Reim auf die Volumenzunahme und Volumenabnahme machen (es läge an der Dichte [Unterrichtsstunde vorher] oder es schmilzt?! oder es verdampft...). Die Richtigstellung der Ursache für das Phänomen war relativ verständlich für die Schülerinnen und Schüler, doch die unaufmerksamen Jungs haben nichts mitbekommen und als sie es wiederholen sollten, haben sie nichts zustande gebracht.“ (Student, Portfolio B)

Der Studierende hat während der Durchführung des eigenen Unterrichts erlebt, dass der sorgfältig und auch kritisch ausgewählte Modellversuch die in der Literatur beschriebenen Verständnisschwierigkeiten hervorrief. Außerdem hat er erfahren, dass die Planung nur für die Schüler zielführend war, die ein Mindestmaß an Bereitschaft aufbrachten, sich mit den chemischen Inhalten zu beschäftigen. Während der Durchführung haben die Studierenden spontan scheinbar sinnvolle Strategien entwickelt, um Unterrichtsstörungen zu unterbinden.

In der Erinnerung des Studierenden hatte folgendes gut funktioniert:

> „- die Versuche, sowohl die Experimente mit den Schülerinnen und Schülern als auch die Modellversuche
>
> - das Fischgrätenmodell am Anfang
>
> - die Erarbeitung der Begründung der Volumenzunahme und Volumenabnahme.“ (Student, Portfolio B)

Weniger zufrieden war der Student mit dem Ausmaß der Konzentration, die einige Schüler in die Unterrichtsstunde investierten und dem „Rückbezug auf die Vorstellungen von Wasser im Teilchenmodell“. Als Konsequenz für eine erneute Durchführung schloss er, dass er in einer anderen Unterrichtssituation die Sitzordnung so ändern würde, dass die störenden Schüler weiter vorne und nicht nebeneinandersitzen würden. Die auf die Erinnerungen des Studierenden gestützte Reflexion zeigt, dass das teilweise störende Verhalten der Schüler ihn sehr beschäftigte. Nach der Sichtung des Videomaterials notierte der Student auf die Frage, was während der Arbeit mit den Schülern gut funktioniert habe:

> „Die Durchführung und die Ergebnisse der Experimente waren so, wie wir uns es vorgestellt haben. Außerdem war die Lautstärke der Klasse angenehm und der nötige Respekt vor uns war gegeben. Der Großteil der Klasse hat gut mitgearbeitet und den Unterricht sinnvoll vorangebracht. Die gewünschten falschen Schülervorstellungen kamen vor. Der Unterricht war im Großen und Ganzen flüssig.“ (Student, Portfolio B)

Die Videoaufnahmen haben ihm verdeutlicht, dass die überwiegende Anzahl der Schüler sich respektvoll und ruhig verhalten und im Unterricht gut mitgearbeitet haben. Die in seiner Erinnerung herausstechende Präsenz einzelner störender Schüler scheint durch das Videomaterial relativiert worden zu sein. Bezüglich der Experimente und des Unterrichtsverlaufs zog er ein positives Fazit. Aber er identifizierte

auch Aspekte, die weniger gut funktioniert haben und entwickelte Verbesserungsvorschläge:

„Das Fischgrätenmodell am Anfang wurde nicht erneut aufgegriffen. Der Lehrer hatte bereits im Vorfeld den Erbsen-Versuch mit einem anderen Kontext im Unterricht behandelt. Die Zeitplanung war fehlerhaft, so dass wir leider überziehen mussten. Laut Schülerinnen und Schüler waren wir „etwas zu streng". [...]

Vom Prinzip her hat alles so funktioniert, wie es geplant war. Jedoch war bereits die Planung im Vorfeld nicht bis ins letzte Detail durchdacht. Das Fischgrätenmodell sollte am Ende der Stunde erneut aufgegriffen werden, jedoch wussten wir beide nicht, wie wir das geschickt anstellen sollten.

Wir hätten bei den Instruktionen zur Versuchsdurchführung klar sagen sollen, dass der Versuch „Wasser und Wasser" zuerst durchzuführen ist. Jeder Schüler sollte jeden Aufgabenzettel am Ende haben, so dass die Ergebnisse der anderen Gruppen übertragen werden können. Natürlich hätten wir unser Auftreten etwas verändert, da wir erst jetzt wissen, wie wir uns vor einer Klasse präsentieren. Der Versuch „Ammoniumchlorid und Wasser" war nicht sehr gut gewählt, da es ein Feststoff und eine Flüssigkeit ist. In den anderen Versuchen haben wir nur Flüssigkeiten genommen, was wir bei der Volumendilatation hätten ebenfalls machen sollen. Das Fischgrätenmodell hätten wir am Ende der Stunde erneut aufgreifen oder komplett sein lassen sollen." (Student, Portfolio B)

Die Verbesserungsvorschläge betrafen sowohl das persönliche Auftreten als auch methodische oder didaktische Aspekte der Unterrichtsplanung. Der Student, der Portfolio B anfertigte, stellte in seinem Portfolio die Vorteile der Videografie für seine Selbstwahrnehmung positiv heraus und reflektierte außerdem über die Abweichung zwischen seiner subjektiven Wahrnehmung und seiner Beobachtung:

„Nach der Unterrichtsstunde waren wir beide nicht gerade begeistert, da wir das Gefühl hatten, dass die Stunde suboptimal verlief. Im Nachhinein, also nach der Analyse des Videos, sind wir mit unserer Stunde relativ zufrieden. Überschneidungen gibt es in der Wahrnehmung des Verhaltens der Klasse. Wir haben bereits in der Stunde bemerkt, dass der Leistungsunterschied der Klasse groß ist, ebenfalls die Motivation." (Student, Portfolio B)

Bewertung des Seminars

In den Impulsfragen der letzten Seminarstunde wurden die Studierenden u. a. gefragt, ob sich ihre Erwartungen an das Seminar erfüllt hätten und ob sich ihre Wahrnehmung und Bewertung von Schülervorstellungen verändert habe.

Beide Studierenden notierten in ihrem Portfolio, dass sich ihre Erwartungen an die Veranstaltung erfüllt hätten:

„Eigentlich haben sich meine Erwartungen an das Seminar erfüllt. Ich habe verschiedene Methoden kennengelernt und auch Anregungen bekommen, welche chemischen Bücher und Hefte einem weiterhelfen können." (Student, Portfolio A)

„Ich hatte hohe Erwartungen an das Seminar und diese wurden erfüllt. Ich habe erste Einblicke in die Didaktik der Chemie bekommen und gelernt, Schülervorstellungen zu diagnostizieren und Maßnahmen beziehungsweise Methoden zur Prävention und Intervention kennengelernt. Auch mein Anspruch an die Schülergruppe wurde erfüllt.“ (Student, Portfolio B)

Diese Wahrnehmungen stimmen mit der überwiegenden Anzahl der Antworten der Seminarteilnehmer auf diese Frage überein, was darauf hindeutet, dass die Ankündigung des Seminars sowie die Vorstellung der Veranstaltung den Studierenden einen realistischen Eindruck vom Inhalt der Veranstaltung vermitteln konnte und zusätzlich eine sinnvolle Anpassung des Seminars an die Bedürfnisse der Studierenden erfolgte. Dies scheint sowohl für die Studierenden gelungen zu sein, die vor allem den Erwerb methodischer Kompetenzen erwartet hatten (wie in Portfolio A), als auch für die Studierenden, deren Erwartungen stärker auf Kenntnisse und Fähigkeiten im Kontext Schülervorstellungen ausgerichtet waren (in Portfolio B).
Die Antworten der beiden Studierenden auf die Frage, ob sich Ihre Wahrnehmung und Bewertung von Schülervorstellungen im Verlauf des Seminars verändert habe, und wenn ja wie, zeigt, dass die Studierenden aber nicht nur die zu Beginn erhofften Inhalte erinnern, sondern auch andere. Der Verfasser des Portfolios B nannte als Antwort auf diese Frage z. B. explizit die Methoden, die er im Seminar erlernt habe. Er schrieb, dass sich sowohl seine Wahrnehmung als auch die Bewertung von Schülervorstellungen durch die im Seminar erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten verändert hätten:

„Ja, sowohl die Wahrnehmung als auch die Bewertung von Schülervorstellungen haben sich verändert.

Es kamen immer mehr Möglichkeiten zur Diagnose der Schülervorstellungen hinzu, so dass ein breites Spektrum an Methoden in meinem Repertoire verankert ist. Auch der Umgang mit diesen Methoden wurde geübt und dementsprechend verinnerlicht.

Die Bewertung von Schülervorstellungen hat sich dementsprechend ebenfalls geändert. Im Seminar wurden verschiedene Methoden geübt, so dass auch dies im Hinterkopf bleiben wird.“ (Student, Portfolio B)

Auch der andere Student, der Portfolio A schrieb, gibt an, dass sich seine Wahrnehmung bezüglich Schülervorstellungen verändert hätte, und erläutert dies an zwei Beispielen.

„Ich denke, ich sehe es ein, dass Schüler und Schülerinnen schneller falsche Vorstellungen bekommen als ich vorher gedacht habe. Auch wenn Schüler und Schülerinnen die richtigen Fachbegriffe kennen bedeutet es nicht, dass sie das naturwissenschaftliche Prinzip dahinter verstanden haben. Um falsche Schülervorstellungen zu vermeiden, sollte man immer darauf achten, dass die verwendeten Modelle einigermaßen richtig sind oder darauf hinweisen, was fehlerhaft [ist, Anm. d. Verf.] [...].

> Meine Wahrnehmung hat sich insoweit verändert, dass [sich, Anm. d. Verf.] auch hinter der richtigen Anwendung von Fachbegriffen immer noch Falschvorstellungen verbergen können. Ich denke, es wäre gut, sich ab und zu ein Bild von den verschiedenen Vorstellungen [...] der Klasse zu machen, damit man stets die weiteren Stunden an die Bedürfnisse der Schüler und Schülerinnen anlehnen kann.“ (Student, Portfolio A)

Besonders bemerkenswert scheint, dass dieser Student die Verwendung von Fachbegriffen durch Schüler als Beispiel für eine Änderung seiner Vorstellungen nannte. Er gab an, sich nach der Veranstaltung stärker darüber bewusst zu sein, dass Schüler chemische Fachbegriffe nicht nur dann verwenden, wenn sie sich ihrer Bedeutung sicher sind, sondern dass auch eine fachlich falsche Vorstellung zu Verwendung des scheinbar richtigen Fachbegriffes führen kann. Die Bedeutung dieser Schwierigkeit wurde dem Studenten sehr wahrscheinlich während der Durchführung und Reflexion seiner Tätigkeit im Lehr-Lern-Labor bewusst (vgl. seine Reflexion über die Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer selbst geplanten Unterrichtssequenz im Lehr-Lern-Labor). Dies kann als Hinweis auf die Bedeutung der praktischen Tätigkeit für die Wirkung des Seminars gewertet werden.
Der Vergleich beider Portfolios zeigt, dass zwar die Fähigkeiten der Studierenden sich individuell unterschieden, dass das Portfolio aber beide dazu animierte, über individuelle Lernprozesse zu reflektieren und diese schriftlich festzuhalten.

4.2.3.3.3.2 Analyse der Portfolios zur Theoriebildung

Zusätzlich zum Vergleich von zwei Portfolios wurden alle Portfolios des letzten Seminardurchgangs der Hauptstudie fragengeleitet untersucht. Im Gegensatz zur Pilotierung wurden die Antworten der Studierenden nur noch bezüglich einer Frage, der Frage nach Veränderungen von Bewertung und Wahrnehmung im Kontext Schülervorstellungen, direkt auf die Zielformulierungen des Mesozyklus bezogen.
Im Verlauf der Theoriebildung wurde der Inhalt der Portfolios aber analysiert, um die Frage, ob Forschendes Lernen im Seminar die Bedingungen für einen Konzeptwechsel erfülle, zu beantworten. Durch Zitate aus den Portfolios konnte diese Frage positiv beantwortet werden (vgl. 5.2.4 Forschendes Lernen im Seminar erfüllt die Bedingungen für einen Konzeptwechsel). Die Aussagen der Studierenden zu dieser Frage waren insofern besonders interessant, als dass die Frage nicht direkt gestellt worden war, sondern die Antworten gewissermaßen als Artefakte für die Beantwortung der Frage herangezogen wurden. Eine soziale Verzerrung der Antworten ist somit sehr unwahrscheinlich.

4.2.3.4 Rückbezug der Evaluationsergebnisse auf die Ziele der Hauptstudie

Aus dem Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen und den Zielsetzungen des Seminars bezüglich der Veränderung Subjektiver Theorien wurden Fragen abgeleitet, anhand derer Rückschlüsse auf die Wirkung des Seminars gezogen werden sollten (vgl. 4.2.1.2 Zielformulierung für die Hauptstudie). Zur Beantwortung dieser Fragen werden folgend die Ergebnisse der Evaluationsinstrumente herangezogen. Zuerst werden die drei Fragen beantwortet, die nach Veränderungen bezüglich der **Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Studierenden im Kontext Schülervorstellungen** fragten.

1.1 Inwiefern verändert das Seminar Kenntnisse der Studierenden über Beispiele und Ursachen von Schülervorstellungen?

Die Evaluation der Fragebögen und Interviews zeigte, dass viele Seminarteilnehmer im Anschluss an das Seminar mehr Beispiele für Schülervorstellungen nennen konnten als zuvor. Auf die exemplarisch ausgewählte Frage nach fachlich falschen Vorstellungen, mit denen ein Lehrer bezüglich des Verdampfens von Vanillin rechnen müsse, nannten die Studierenden im Post-Test insgesamt mehr als doppelt so viele potentielle, fachlich falsche Vorstellungen wie im Prä-Test (vgl. Aufgabe FF 1). Bezüglich der Frage, welche Vorstellung sich hinter fachlich falschen Vorstellungen zum Stromfluss in wässrigen Lösungen befinden könnten, wurde die Vorstellung „Elektronen sind ursächlich für den Stromfluss“ im Post-Test signifikant häufiger genannt als im Prä-Test (vgl. Aufgabe FF 4). Zusätzlich zu dieser Evaluation konnte in der Vorbereitungsphase des Lehr-Lern-Labors beobachtet werden, dass viele Arbeitsgruppen über verschiedene Schülervorstellungen und deren Einsatz im Schülerlabor diskutierten und ihre Sinnhaftigkeit für den Einsatz in der konkreten Lerngruppe abwägten.

Die Antworten auf die Interviewfrage „Worin siehst du Ursachen dafür, dass es Schülerinnen und Schülern schwerfällt, Inhalte des Chemieunterrichts zu verstehen?“ zeigten, dass die Studierenden schon vor dem Seminar viele Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen nennen konnten – durchschnittlich fünf Ursachen pro Person. Nach dem Seminar wurden durchschnittlich ca. zwei Ursachen mehr genannt.

Die Evaluationsergebnisse des Fragebogens zeigen, dass die Studierenden nach dem Seminar nicht nur mehr Ursachen von Schülervorstellungen nennen (vgl. die Aufgaben FF 1 und FF 5) und antizipieren (vgl. Aufgabe FF 3) konnten, sondern dass

sich auch das Verhältnis der Nennungen der genannten Schülervorstellungen veränderte. Im Prä-Fragebogen wurden verhältnismäßig häufiger auf den Schüler bezogene, personenzentrierte Ursachen für die die Ausbildung von fachlich falschen Vorstellungen genannt (vgl. Aufgabe FF 3). Ursachen, die auf Alltagsbeobachtungen und Alltagssprache zurückgeführt werden, wurden im Post-Test signifikant häufiger genannt (vgl. Aufgabe FF 3 und FF 5.1). Außerdem konnte in jeweils einer Aufgabe ein signifikanter Anstieg der Nennungen von Ursachen nachgewiesen werden, die auf den Chemieunterricht (vgl. Aufgabe FF 1.2) und den Physikunterricht (vgl. Aufgabe FF 4) zurückzuführen sind.
Diese Veränderung könnte durch die intensive Auseinandersetzung der Studierenden mit verschiedenen Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen im Seminar erklärt werden. Möglicherweise wurden die Studierenden im Seminar für die Vielschichtigkeit möglicher Ursachen sensibilisiert und ihnen wurde die Bedeutung anderer, nicht personengebundener Ursachen bewusster als dies zuvor der Fall war.
Ein Vergleich der Antworten in den Post-Tests mit den Antworten in den Follow-up-Tests ergab keine signifikanten Änderungen, die darauf hindeuten könnten, dass das im Seminar erworbene Wissen im Verlauf des vergangenen halben Jahres vergessen worden wäre. Die vermutlich auf das Seminar zurückzuführenden Veränderungen zwischen dem Prä- und dem Post-Test blieben auch nach einem halben Jahr bestehen.

1.2 Inwiefern verändert das Seminar Kenntnisse der Studierenden über Diagnoseinstrumente und Fähigkeiten diese anzuwenden?
Diese Frage kann primär auf Grundlage der Interviews beantwortet werden. Sowohl im Prä- als auch im Post- Interview wurden die Studierenden gefragt: „Welche Möglichkeiten haben Lehrende, Verständnisschwierigkeiten und fachlich falsche Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zu erkennen?“ Im Prä-Interview nannten die Studierenden durchschnittlich je zwei bis drei verschiedene Möglichkeiten; zumeist klassische Formen der Leistungsüberprüfung und das genaue Zuhören bzw. Nachfragen in Unterrichtsgesprächen.
Im Post-Interview wurden durchschnittlich vier Diagnosemöglichkeiten genannt. Qualitativ veränderten sich die Antworten insofern, als dass nach dem Seminar häufiger konkrete Diagnosemöglichkeiten wie z. B. der Einsatz eines Fragebogens oder spezieller Diagnoseaufgaben beschrieben wurden. Die Möglichkeit, Schüler ihre Vorstellungen zeichnerisch darstellen zu lassen, wurde leicht signifikant häufiger

genannt. Die signifikanten Änderungen können darauf hindeuten, dass die Studierenden sich des Nutzens der im Seminar kennengelernten und erprobten Diagnoseinstrumente bewusst waren.
Während der Vorbereitung und der Durchführung des Lehr-Lern-Labors erprobten oder entwickelten die meisten Studierenden Diagnosemöglichkeiten für eine selbst gewählte Vorstellung. In diesem Zusammenhang wurden in der Gesamtgruppe sowohl offene als auch geschlossene, mündliche und schriftliche (Schriftsprache und Zeichnen) Formen der Diagnose konzipiert oder bereits bestehende Formate auf ihre Einsatzfähigkeit im betreffenden Kontext geprüft. Auch wenn aus diesem einmaligen Einsatz eines Diagnoseinstruments keine Rückschlüsse auf langfristige Verhaltensweisen oder die zukünftige Unterrichtsplanung der Studierenden möglich ist, zeigt die Evaluation des Seminars zumindest, dass das Konzept der konkreten Diagnosemöglichkeiten von vielen Studierenden verstanden und im Kontext des Lehr-Lern-Labors angewendet wurde.

1.3 Inwiefern verändert das Seminar Kenntnisse der Studierenden über Umgangsweisen mit Schülervorstellungen und Fähigkeiten diese anzuwenden?
Für die Beantwortung dieser Frage wird auf Antworten der Studierenden in den Prä- und Post-Interviews, aber auch auf eine Frage im Fragbogen zurückgegriffen. Während der Interviews wurden die Studierenden gefragt, wie Lehrende mit Verständnisschwierigkeiten umgehen bzw. darauf reagieren könnten. Die Antworten der Studierenden auf diese Frage waren bereits in der Befragung vor dem Seminar vielfältig und vermutlich vor allem durch eigene Unterrichtserfahrungen als Schüler oder während Praktika geprägt. Im Post-Interview wurde zwar durchschnittlich eine Umgangsweise mehr genannt als im Prä-Interview, es kam aber nur bezüglich zwei Umgangsweisen zu einem signifikanten Anstieg. Dieser konnte für den Einsatz anderer/geeigneter Experimente sowie anderer/geeigneter Abbildungen nachgewiesen werden.
Dieses Ergebnis wird durch die Auswertung einer Aufgabe im Fragebogen (vgl. Aufgabe FF 5.2) gestützt, die nach möglichen konkreten Reaktionen eines Lehrers auf die Diagnose einer genannten fachlich falschen Vorstellung fragt. Auch hier wurde der Einsatz eines Experiments im Post-Test signifikant häufiger als sinnvolle Umgangsweise genannt als im Prä-Test. Zusätzlich ging die Zustimmung zum erneuten Erklären des Sachverhaltes zurück. Dass dieses Item in der Post-Befragung signifikant seltener genannt wurde, könnte darauf hinweisen, dass den Studierenden

nach dem Seminar Schwierigkeiten, die sich aus lehrerzentrierten Erklärungen ergeben, bewusster waren. Aufgrund der im Vergleich zum ersten Mesozyklus intensivierten Auseinandersetzung mit Umgangsweisen wäre eine höhere Anzahl an Nennungen konkreter Umgangsweisen wie z. B. der Einsatz von Diagnoseaufgaben oder Concept Cartoons® im Post-Test erwartet worden.
Rückschlüsse, ob die beschriebenen Veränderungen auch über das Ende des Seminars bestand hatten, können für diese Frage nicht formuliert werden, da in der Teilgruppe, die alle Fragebögen beantwortete, weder zwischen dem Prä- und dem Post-Test noch zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test signifikante Änderungen auftraten.

Die Zielformulierung der Hauptstudie hatte außerdem das Ziel zu untersuchen, inwiefern das Seminar **Subjektive Theorien der Studierenden zu Ursachen von und Umgangsweisen mit Schülervorstellungen** veränderte. Zur Beantwortung dieser Frage wurden zwei Subfragen konzipiert, die folgend ebenfalls auf Grundlage der Evaluationsergebnisse beantwortet werden.

2.1 Inwiefern verändert das Seminar Subjektive Theorien der Studierenden zu Ursachen von Schülervorstellungen?
Diese Frage kann anhand mehrerer Aufgaben, die im Rahmen des Fragebogens gestellt wurden, beantwortet werden. Die umfangreichste Antwort liefert die Auswertung der Aufgabe ST 1, in der die Studierenden 39 Items danach bewerteten, wie sie diese auf einer Likert-Skala zwischen nicht wichtig und sehr wichtig als Ursache für die Entstehung fachlich falscher Vorstellungen gewichten würden. Für die Auswertung wurden diese Items sechs Oberkategorien zugeordnet (vgl. 4.2.3.3.1.1.1). Die Items der Oberkategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson“ wurden bereits während der ersten Befragung als wesentliche Faktoren für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen bewertet. Die Fähigkeit der Lehrperson, gut zu erklären, gewichteten die Studierenden vor der Veranstaltung als wichtigsten Einflussfaktor auf die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen. Der Transparentmachung didaktischer Reduktionen durch die Lehrkraft wurde im Prä-Test die geringste Bedeutung zugesprochen. Die Bewertung dieser beiden Items veränderte sich im Post-Test signifikant. Die Transparentmachung didaktischer Reduktionen wurde nach dem Seminar signifikant wichtiger, die Fähigkeit des Lehrers zu erklären, wurde als signifikant weniger wichtig bewertet. Dass die individuelle

Fähigkeit der Lehrperson, Inhalte zu erklären, nach dem Seminar als weniger wichtig bewertet wurde als vor der Veranstaltung, stimmt mit dem Ergebnis der Aufgabe FF 5.2 überein, in der ‚Erklären' im Post-Test signifikant seltener als Umgangsweise genannt wurde als im Prä-Test. Drei der sieben Items, die „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler" beschreiben, wurden nach der Veranstaltung signifikant weniger wichtig bewertet als zuvor.
Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass einige personenzentrierte und defizitorientierte Ursachen für die Ausbildung von Schülervorstellungen nach dem Seminar als weniger wichtig wahrgenommen und bewertet werden als vor der Veranstaltung. Das Ergebnis der Aufgabe FF 3, dass Ursachen für fachlich falsche Vorstellungen nach dem Seminar signifikant seltener auf die Person des Schülers zurückgeführt werden, stützt diese Beobachtung.
Sieben von zehn Items, die der Oberkategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches" zuzuordnen sind, wurden ebenso wie die Hälfte der Items, die Einflüsse der Lebenswelt der Lernenden auf deren Vorstellungen beschrieben, im Post-Test signifikant wichtiger bewertet als im Prä-Test. Die auffällig höhere Gewichtung vieler Items dieser Kategorien könnte darauf zurückzuführen sein, dass den Studierenden die Schwierigkeiten, die das Fach an sich sowie der Unterricht des Fachs speziell und die Lebenswelt der Lernenden mit sich bringen, vor Beginn des Seminars nicht bewusst waren. Die Inhalte des Seminars könnten den Studierenden diese Schwierigkeiten so bewusst gemacht haben, dass sie diese im Anschluss an das Seminar signifikant wichtiger bewerten. Ebenso stieg die Bewertung von Einflüssen des Physik- und des Biologieunterrichts im Anschluss an das Seminar signifikant an. Auch dieser Anstieg kann mit der Beschäftigung mit diesen Fächern während der Veranstaltung erklärt werden.
Die Ergebnisse der Aufgabe ST 1 werden durch die Antworten der Studierenden auf zwei weitere Aufgaben des Fragebogens (ST 2 und ST 3), in denen die Studierenden die zuvor nicht explizit formulierten Oberkategorien gewichten bzw. unabhängig voneinander bewerten sollten, gestützt. Auch in diesen Aufgaben bewerteten die Studierenden die Rolle des Lehrenden und des Lernenden sowohl im Prä- als auch im Post-Test am wichtigsten für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen. Die beiden Oberkategorien „Lebenswelt der Lernenden" und „Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern" wurden im Post-Test signifikant wichtiger bewertet als vor der Veranstaltung. Die beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass den meisten Studierenden Ursachen für fachlich falsche Vorstellungen, die in den Personen des Lehrers oder des Schülers begründet liegen, bereits vor der Intervention bewusst waren und dass

sie diese auch als wesentlich für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen bewerteten. Bezüglich des Einflusses der Lebenswelt der Lernenden und ihren Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern lagen vor dem Seminar vermutlich nur wenige konkrete Vorstellungen vor. Die exemplarische Vermittlung von Ursachen dieser Kategorien hat den Studierenden vermutlich deren Bedeutung bewusstgemacht, was zu einer signifikanten Höherbewertung dieser Kategorien in der Post-Befragung führte.

Die Analyse der Follow-up-Tests der zuvor beschriebenen Aufgaben lässt Hinweise auf eine relativ hohe Stabilität der Veränderungen Subjektiver Theorien zu. Nur bei einem der 39 untersuchten Items von Aufgabe ST 1 trat zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test eine Veränderung der Bewertung auf, die der Veränderung zwischen dem Prä- und dem Post-Test signifikant entgegenwirkte. Eine solche Veränderung könnte als Hinweis dafür gewertet werden, dass sich im Verlauf des Seminars veränderte Subjektive Theorien nach Abschluss der Veranstaltung zurück zu den ursprünglichen Subjektiven Theorien entwickelten. Über konkrete Ursachen für die Rückkehr der Studierenden zu ihren ursprünglichen Vorstellungen kann nur spekuliert werden. Möglicherweise könnte dies durch „Vergessen“ oder durch Überlagerung der gelernten Inhalte im Verlauf des nächsten Semesters verursacht worden sein. Das eine Item, bei dem eine solche rückwärtige Veränderung im Follow-up-Test vorlag, betraf die Bewertung des Einflusses von Physikunterricht auf das Verständnis chemischer Inhalte. Die übrigen Items, bei denen zwischen dem Prä- und dem Post-Test eine signifikante Veränderung nachgewiesen werden konnte, wurden im Follow-up-Test nicht signifikant unterschiedlich bewertet.

Das Evaluationsergebnis der Aufgabe ST 1 wird durch die Auswertung der Aufgabe ST 3, in der die Oberkategorien bewertet werden, gestützt. Die beiden Oberkategorien „Lebenswelt der Lernenden“ und „Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern“ wurden im Post-Test signifikant wichtiger bewertet als vor der Veranstaltung. Im Follow-up-Test wurden sie noch einmal signifikant wichtiger bewertet als im Post-Test, dies entspricht eher einer Festigung und Stärkung der möglicherweise durch das Seminar hervorgerufenen Änderung Subjektiver Theorien als einer Rückkehr zu den ursprünglichen Subjektiven Theorien.

Die Auswertung der Aufgabe ST 2 zeigte eine leicht signifikant höhere Bewertung des Einflusses von Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson im Follow-up-Test, obwohl dieses Item nach dem Seminar als signifikant weniger wichtig bewertet worden war. Dies entspricht also einem leicht signifikanten Rückschritt. Die anderen beiden Items, die sich zwischen dem Prä- und dem Post-

Test signifikant verändert hatten, zeigten im Follow-up-Test keine Veränderung. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses sollte der Zwang zur Hierarchisierung berücksichtigt werden, der ggf. von Aufgabe ST 3 abweichende Ergebnisse erklärt. Die allgemeine Tendenz, dass die Veränderungen der Subjektiven Theorien durch das Seminar verhältnismäßig stabil zu sein scheinen, wird durch dieses eine leicht signifikant rückläufig bewertete Item nicht nennenswert widerlegt.

2.2 Inwiefern verändert das Seminar Subjektive Theorien der Studierenden zu Umgangsweisen mit Schülervorstellungen?

Um Informationen über Subjektive Theorien der Studierenden zu Umgangsweisen mit Schülervorstellungen zu erhalten, enthielt der Fragebogen drei Fragen (Aufgaben ST 4-6).

Die Aufgabe ST 4 bat die Studierenden zu antizipieren, wie sie auf eine fachlich falsche bzw. eine fachlich richtige Antwort reagieren würden. Die Antworten der Studierenden sollten zeigen, ob sich ihre antizipierten Reaktionen durch ihre im Seminar erworbenen Kenntnisse veränderten. Einige Inhalte des Seminars – z. B. die Beschäftigung mit Lehr- und Lerntheorien oder Umgangsweisen mit Schülervorstellungen – legen den Einsatz schüleraktivierender Sozialformen (besonders die Partner- und Gruppenarbeit oder auch kooperative Lernformen) nah. Das Seminar vermittelte darüber hinaus, Antworten von Schülern nicht nur als Wiedergabe von Wissen, sondern als Ergebnisse individueller Konstruktionen zu verstehen. Unter dieser Annahme können auch fachlich falsche Antworten auf sehr komplexen und herausfordernden Überlegungen beruhen, während fachlich richtige Antworten nicht unhinterfragt als Garantie für ein fachlich angemessenes Verständnis des Fachinhalts gelten können.

Die Auswertung der Antworten aller Seminarteilnehmer auf die Aufgabe ST 4 zeigt, dass mehr als doppelt so viele Studierende den Schüler, der eine fachlich falsche Antwort geäußert hat, diese Antwort begründen lassen würden. Außerdem stieg die Bewertung der Reaktion, die Frage trotz richtiger Antwort noch einmal von einem anderen Schüler beantworten und erklären zu lassen, zumindest leicht signifikant. Vor Beginn des Seminars äußerten mehr als die Hälfte der Studierenden, dass sie einen Schüler, der eine an ihn gerichtete Frage fachlich richtig beantwortet, loben würden. Diese Reaktion wurde im Post-Interview signifikant seltener genannt, was zuerst einmal eine negative Veränderung darzustellen scheint, da Lob eine wichtige positive Rückmeldung für den Schüler darstellt und das Schüler-Lehrer-Verhältnis positiv beeinflussen kann. Aufgrund eines auffälligen Anstiegs anderer genannter

Reaktionen wird aber davon ausgegangen, dass der Rückgang dieser Kategorie nicht als Abschätzung der Schülerantwort zu verstehen ist, sondern dass vielmehr das erworbene didaktische Wissen des Seminars zur Beantwortung dieser Frage herangezogen wurde. Fast alle Studierenden, die angaben die Schüler loben zu wollen, ergänzten dieses Lob um mindestens eine weitere Reaktion. Die Anzahl der Studierenden, die den Schüler seine richtige Antwort erklären/begründen lassen würden, verdoppelte sich; dies entspricht einem leicht signifikanten Anstieg. Insgesamt scheint das Bedürfnis der Studierenden zu überprüfen, ob auch andere Schüler in der Klasse die Frage richtig beantworten könnten, durch das Seminar gestiegen zu sein. Leicht signifikant mehr Studierende gaben an, dass sie auch andere Schüler den Inhalt erklären lassen und die Klasse fragen würden, ob der Inhalt verstanden wurde oder ob noch Fragen bestehen.

Die Auswertung der Aufgabe ST 6, die nicht nach antizipierten eigenen Reaktionen fragt, sondern in der vorgegebene Reaktionen bewertet werden sollten, zeigte ein ähnliches Ergebnis. Auch hier wurden schülerzentrierte Reaktionen und Bemühungen des Lehrers, mehr über die Ursachen der fachlich falschen Vorstellungen zu erfahren, nach dem Seminar signifikant positiver bewertet als zuvor. Diese, in beiden Aufgaben nachgewiesenen Veränderungen Subjektiver Theorien zu Reaktionen auf Schülerantworten, sind durch die Inhalte des Seminars, die sowohl die Schülerzentrierung von Unterricht als auch die Diagnose von Schülervorstellungen ausführlich beleuchteten, erklärbar.

Die Ergebnisse der Aufgaben ST 4 und 6 nach einem halben Jahr weichen nicht signifikant von den Ergebnissen der Post-Erhebung ab. Dies kann als Hinweis für die Stabilität der veränderten Subjektiven Theorien zu Reaktionen auf Schülerantworten gedeutet werden.

Aufgabe ST 5 erhob Subjektive Theorien zur Gewichtung von Sozialformen im Unterricht. Die Ergebnisse der ersten Befragung zeigten folgende durchschnittliche Hierarchisierung der vorgegebenen Sozialformen: In der ersten Befragung sollte am häufigsten das vom Lehrer geleitete Unterrichtsgespräch einsetzen werden, gefolgt von der Gruppenarbeit, der Partnerarbeit und der Einzelarbeit. Am seltensten würden die Studierenden den Lehrervortrag in ihrem Unterricht wählen. Der Vergleich der Mittelwerte zeigt, dass die schülerzentrierten Sozialformen verhältnismäßig nah beieinanderlagen, was möglicherweise auf die Verpflichtung zur Gewichtung zurückgeführt werden kann. Nach der Veranstaltung würden die Studierenden die Sozialform „Partnerarbeit“ signifikant häufiger einsetzen. Diese antizipierte Stärkung der Partnerarbeit im Unterricht könnte als Folge der Beschäftigung mit Lehr-Lern-

Theorien entstanden sein. Nach einem halben Jahr gaben die befragten Studierenden an, die Sozialform „lehrergeleitetes Unterrichtsgespräch“ leicht signifikant seltener einzusetzen als direkt nach der Veranstaltung. Da zwischen dem Prä- und dem Post-Test keine signifikanten Änderungen nachgewiesen werden konnten, kann dieses Ergebnis nicht direkt in Verbindung mit dem Seminar gebracht werden. Rückschlüsse auf die Stabilität von Veränderungen in dieser Aufgabe, die auf das Seminar zurückgeführt werden könnten, sind daher nicht möglich.

Außerdem sollte die Evaluation Rückschlüsse darauf liefern, ob die Intervention zur Veränderung der **Bewertung** von Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht und der Methode Videografie führte. Für eine potentielle Weiterentwicklung des Seminarkonzepts interessierte darüber hinaus auch, wie die Studierenden die Veranstaltung bewerteten. Diese Fragen werden folgend beantwortet:

3.1 Inwiefern verändert das Seminar die Wahrnehmung und Bewertung des Themas „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“?

Diese Frage wird hauptsächlich auf Grundlage der Selbsteinschätzungen der Studierenden während der Beantwortung der letzten Impulsfragen und aufgrund der Interviewfrage nach dem individuell wichtigsten Seminarinhalt beantwortet.

In den letzten Impulsfragen zum Abschluss des Seminars wurden die Studierenden gefragt, ob sich ihre Wahrnehmung und Bewertung von Schülervorstellungen im Verlauf des Seminars verändert habe? Und wenn ja, wie? Alle Antworten auf diese Frage bestätigten eine Veränderung der Bewertungen und/oder Wahrnehmungen von Schülervorstellungen. Die Antworten darauf, wie sich die Vorstellungen verändert hätten, sind sehr individuell. Einige werden folgend exemplarisch vorgestellt.

Das Seminar führte sowohl bei Studierenden, die noch kein Vorwissen zu Schülervorstellungen mit in die Veranstaltung brachten, zu einer Änderung wie auch bei den Studierenden, die angaben, sich der Thematik bereits vor dem Seminar bewusst gewesen zu sein, wie die folgenden Zitate zeigen:

> „Vor dem Seminar war [mir, Anm. d. Verf.] gar nicht so bewusst gewesen, wie bedeutsam Schülervorstellungen für die Unterrichtsplanung sind bzw. habe ich mich zuvor nicht mit falschen Schülervorstellungen explizit auseinandergesetzt. Insofern hat sich meine Wahrnehmung dahingehend verändert, dass mir nun bewusst ist, wie wichtig es ist, Schülervorstellungen zu erkennen und ihnen entgegenzuwirken.
>
> Der Unterricht lebt somit nicht nur vom simplen Vermitteln von Fachwissen, sondern auch von den Vorstellungen, die Schüler mit hineinbringen, und wie sich dadurch der Unterricht in andere Richtungen verändern kann.“ (Studentin, Bachelor, Portfolio)

„Mir waren die Schülervorstellungen vorher schon in gewisser Weise klar, allerdings hat mir das Seminar geholfen, noch besser auf Fehlvorstellungen zu reagieren und diese auf die fachlich richtige Vorstellung zu verändern.“ (Student, Bachelor, Portfolio)

Während die Studentin ohne Vorwissen ihre Veränderung vor allem im Sinne eines gesteigerten Bewusstseins für die Thematik beschreibt, stellt der Student, der angibt, sich der Bedeutung von Schülervorstellungen bewusst gewesen zu sein, seinen Lernfortschritt bezüglich Umgangsweisen heraus.

Einige Studierende antizipierten, wie sich die Veränderung ihrer Bewertungen und Wahrnehmungen auf ihre spätere Tätigkeit als Lehrer auswirken könnte:

„Ich würde sagen, dass sich meine Wahrnehmung diesbezüglich sogar gänzlich geändert hat, da mir nicht bewusst war, in welchem Ausmaß diese Schülervorstellungen vorhanden sind. Mir war zwar klar, dass es welche gibt, aber dass viele Schüler Schwierigkeiten mit dem Fach Chemie haben, habe ich eher auf andere Dinge geschoben.

Es wird sicher leichter sein, einen guten Chemieunterricht durchzuführen wenn man weiß, worauf man achten muss und an welchen Stellen „kleine Tücken“ sind, die mir ansonsten vielleicht nie bewusst gewesen wären. Ich werde Schülervorstellungen sicher nun anders wahrnehmen und behandeln, als ich dies ohne das Seminar getan hätte, und werde ganz sicher auch die Methoden, die wir gelernt haben, beispielsweise um die Vorstellungen zu sammeln, anwenden.“ (Studentin, Bachelor, Portfolio)

„Durch das Seminar habe ich viele neue Methoden kennengelernt, wie ich Schülervorstellung erkennen kann. Zusätzlich [...] wurde mir nähergebracht, mehr auf Schülervorstellungen zu achten, worauf ich vorher nicht so stark geachtet hätte. Vorher wäre ich nicht so sehr auf die Schülervorstellungen eingegangen, da ich diese lediglich als falsch abgestempelt hätte. Jetzt würde ich mehr darauf eingehen, da die Vorstellungen durchaus logisch begründet werden könnten.“ (Student, Bachelor, Portfolio)

Andere Studierende gaben an, dass sich vor allen ihr Verständnis für die Entstehung von Schülervorstellungen verändert habe, wie das folgende Zitat zeigt:

„Sie (Die Wahrnehmung und Bewertung, Anm. d. Verf.) hat sich in dem Maß verändert, dass mir noch deutlicher klar wurde, wie viele, teilweise kreative und durchdachte Gedankengänge auch hinter einer fachlich falschen Antwort stecken können.“ (Student, Bachelor, Portfolio)

Mehrere Studierende erwähnten die Vielzahl von Schülervorstellungen als neue Erkenntnis, die sie aus dem Seminar gewonnen haben, und wie diese ihre Wahrnehmung beeinflusst hat:

„Erstaunt hat mich die Vielzahl der Gründe, die ursächlich für die Entwicklung von Fehlvorstellungen sind, und dass Alltagsbezüge als Ursache hierbei eine wesentliche Rolle einnehmen.“ (Student, Bachelor, Portfolio)

„Zum Anfang des Seminares war ich der Meinung, dass Schülervorstellungen kaum Unterschiede aufweisen. Doch im Laufe des Seminars wurde mir klar, dass es eine Vielzahl von unterschiedlichen Vorstellungen zu ein und demselben Thema in einem Klassenverband geben kann. Zudem finde ich es am Ende dieser Seminareinheit von Wichtigkeit, dass

> Schülervorstellungen nicht vom Lehrer ignoriert werden dürfen.“ (Studentin, Bachelor, Portfolio)

Die Auswertung dieser Antworten zeigt, dass das Seminar sehr viele Studierende zur Reflexion über Schülervorstellungen angeregt hat.
Die Selbsteinschätzungen der Studierenden werden durch die Auswertung der Antworten im Post-Interview auf die Frage, was für die Studierenden der wichtigste Seminarinhalt gewesen sei, unterstützt. Auf diese Frage gaben 50 % der Befragten an, dass der wichtigste Seminarinhalt die Beschäftigung mit Schülervorstellungen gewesen sei.

3.2 Wie bewerten die Studierenden den Einsatz von Videografie nach dem Seminar?
Aufgrund des einmaligen Einsatzes der Videografie im Lehr-Lern-Labor wurde nicht erwartet, dass dieser einen bleibenden Einfluss auf die Reflexionsfähigkeit oder das Handeln der Studierenden ausüben würde. Die Videografie sollte stattdessen in der Evaluation der eigenen Arbeit als Erinnerungsstützte dienen und Reflexionsprozesse anregen. Die überwiegende Mehrheit der Studierenden äußerte in ihren Portfolios, dass sich ihre Erinnerungen mit den Videosequenzen überschnitten, nur vereinzelt reflektierten Studierenden im Nachhinein über Situationen, die ihnen aufgrund des Videos bewusstgeworden waren, wie das folgende Beispiel zeigt:

> „Ich habe mich einmal von einem heruntergefallenen Stift eines Schülers unterbrechen lassen. Ich habe ihn darauf hingewiesen, wo sich der Stift auf dem Boden befindet. Währenddessen habe ich schon gedacht, dass diese Aktionen, die hin und wieder im Unterricht passieren, eigentlich kommentarlos bleiben sollten, um keine Unruhe zu verbreiten und um die restlichen SuS nicht abzulenken. In der Videographie allerdings haben sich die SuS nicht durch mich ablenken lassen, so dass ich in Ruhe mit der Unterrichtsstunde fortfahren konnte.“ (Studentin, Portfolio, Bachelor)

Für die meisten Studierenden stand die „Ich-Wahrnehmung“ während der Analyse der Videos im Vordergrund (vgl. 4.2.3.3.2.2.4 Bewertung Videografie). Mehrere Seminarteilnehmer bemerkten Besonderheiten in ihrer Gestik, Mimik oder Sprache, die ihnen zuvor nach eigener Aussage nicht bewusst gewesen waren.
Eine Studentin bemerkte nicht nur einen Unterschied zwischen ihrer Erinnerung und der Betrachtung des Videos, sie reflektierte auch über die Ursache dieser Differenz:

> „Durch die Videografie habe ich gesehen, dass meine innerliche Nervosität nach außen hin nicht sichtbar ist. Ich hatte das Gefühl, dass auch meine Stimme teilweise sehr unsicher wirkt, was nicht der Fall war. Hier spricht man von dem so genannten blinden Fleck, der mir unbewusst und den anderen bewusst war. Durch die Videografie ist er mir bewusst geworden, wodurch der blinde Fleck verkleinert wurde.“ (Studentin, Portfolio, Bachelor)

Außerdem sollte den Studierenden eine Gelegenheit gegeben werden, erste Erfahrungen mit einer bewertungsfreien Videografie in der Universität zu sammeln und Hemmungen gegenüber dieser Methode abzubauen. Im Interview nach dem Seminar bewerteten 80 % der Studierenden den Einsatz der Videografie als positiv oder eher positiv. 14,5 % der Studierenden empfanden die Videografie im Seminar eher negativ und nur ein Student bewertete sie negativ. 77 % der Studierenden gaben an, dass sie auch in Zukunft noch einmal an einer Videografie teilnehmen würden. Die überwiegend positiven Erfahrungen der Studierenden scheinen die Bereitschaft zu erneuten Videografien gestärkt zu haben.
Die Evaluation der Videografie (vgl. 4.2.3.3.2.2.4) zeigt, dass diese sehr gut geeignet war, um den Studierenden einen Einblick in die Methode zu geben und zumindest den meisten auch Hemmungen vor dieser Methode zu nehmen. Sie bestätigte die Vermutungen, dass der einmalige Einsatz für die andauernde Förderung von Reflexionsfähigkeit nicht ausreicht.

3.3 Wie bewerten die Studierenden das Seminarkonzept?

In den Impulsfragen zur letzten Seminarsitzung wurden die Studierenden um eine Bewertung des Seminars als Feedback für die Veranstalterin gebeten. Sie wurden gefragt, was ihnen gut und weniger gut gefallen habe, was ihnen das Seminar gebracht habe und was sie vermisst hätten. Verfälschungen der Antworten sind aufgrund der Tatsache, dass die Antworten nicht anonymisiert wurden, nicht auszuschließen. Die quantitative Auswertung der Antworten sollte daher kritisch betrachtet werden. Als Hinweise darauf, welche Inhalte den Studierenden gut oder weniger gut gefallen haben wurden die Antworten trotzdem ausgewertet.
Auf die Frage, was den Studierenden am Seminar gut gefallen habe, nannten 14 der 22 Befragten die praktische Tätigkeit mit Schülern im Lehr-Lern-Labor. Je 9 Personen lobten die gute Gliederung/Strukturierung des Seminars und die hohe Eigenaktivität der Studierenden. Acht Studierende hoben die direkte Anbindung der Veranstaltung an Themen des Schulunterrichts und die enge Anbindung an Unterricht positiv hervor. Eine Übersicht über alle positiv empfundenen Aspekte des Seminars befindet sich in Tabelle 77 im Anhang.
Die Studierenden wurden auch gefragt, was ihnen nicht gut gefallen habe. Hierauf wurden von den meisten Studierenden (12 Personen) die Impulsfragen, also ihr Umfang und die damit verbundene Arbeit, genannt. Insgesamt sieben Studierende äußerten Kritik an der Zusammensetzung des Seminars aus Studierenden des 3. und 5. Fachsemesters und mangelnder Zusammenarbeit zwischen Studierenden beider

Jahrgänge. Vier Studierende kritisierten die Dauer der Veranstaltung: zwei Doppelstunden im Stundenplan unmittelbar hintereinander, allerdings von einer Mittagspause unterbrochen. Alle genannten Codes zur Kritik am Seminar und die Anzahl ihrer Nennungen können in Tabelle 78 im Anhang eingesehen werden.
Außerdem wurden die Studierenden gefragt, was ihnen das Seminar gebracht habe. Zehn Studierende empfanden die neu erlernten Methoden als besonders wichtig. Insgesamt 16 Seminarteilnehmer nannten Inhalte, die in unmittelbarem Zusammenhang mit Schülervorstellungen stehen, z. B. Schülervorstellungen, Diagnosemöglichkeiten und Umgangsweisen kennengelernt zu haben. Acht Studierende gaben an, vor allem neue Kenntnisse und Fähigkeiten über Unterrichtsplanung mitzunehmen. Tabelle 79 im Anhang enthält alle weiteren Antwortkategorien und die Anzahl ihrer Nennungen.

3.4 Welche Verbesserungen des Seminarkonzepts werden durch die Evaluation der Hauptstudie nahegelegt?

Die Evaluation des dritten (und in Bezug auf die Fragebögen auch des zweiten) Mesozyklus deutet darauf hin, dass das Seminarkonzept die in der Vorbereitung des Mesozyklus formulierten Ziele überwiegend erreichen konnte. Bezüglich des Umgangs mit Schülervorstellungen konnten Lernprozesse nachgewiesen werden. Für einen professionellen Umgang müssten diese in Zukunft aber noch erweitert werden. Ob diese Kenntnisse und Fähigkeiten innerhalb eines Seminars, das unter den gegebenen Bedingungen stattfindet, erweiterbar wären, sollte in der Vorbereitung eines vierten Mesozyklus reflektiert werden. Dieses Ziel könnte ggf. mit einer Stärkung des Einsatzes von Videografie kombiniert werden. Eine Fortführung des Seminarkonzepts in der universitären Lehre könnte möglicherweise auch mit einem reduzierten Evaluationsumfang bezüglich Fragbögen und Interviews durchgeführt werden. Hierdurch könnte vermutlich die – für Lernprozesse bezüglich Schülervorstellungen – effektive Seminarzeit leicht erhöht werden. Da der Umfang und der Zeitaufwand, der mit der Erstellung des Portfolios verbunden war, den größten Kritikpunkt der Studierenden darstellte, sollte in der Vorbereitung eines vierten Mesozylus analysiert werden, ob eine weitere Reduktion der Impulsfragen möglich wäre, ohne die positiven Effekte des Portfolios, das die Studierenden zur Reflexion über ihre individuellen Vorstellungen anregte, zu gefährden.

5 Retrospektive Analyse und Theoriebildung

5.1 Retrospektive Analyse der Intervention

Die Retrospektive Analyse der Intervention wirft fragengeleitet einen Blick zurück auf die vorgestellte Intervention. Die Retrospektive Analyse erfolgt, indem die in der Vorbereitung formulierten Ziele des Forschungsprojektes (Abschnitt 3.2.1) unter Rückbezug auf die deskriptiven Evaluationsergebnisse der Pilotierung und die umfassenderen Evaluationsergebnisse der Hauptstudie auf ihre Umsetzung überprüft werden. Ob ein Ziel erreicht werden konnte, wird an den Ergebnissen der Hauptstudie als finaler Version des Seminars gemessen. Folgend werden die drei Ziele des Forschungsprojektes daraufhin untersucht, ob sie von der vorgestellten Intervention erreicht werden konnten.

1. *Im Verlauf des Forschungsprojektes sollte ein Seminar entworfen werden, das Studierende für die Bedeutung von Schülervorstellungen im Chemieunterricht sensibilisiert.*

Dieses Ziel konnte durch den Einsatz des vorgestellten Seminars in der Lehrerausbildung der Universität zu Köln und der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster erreicht werden. Bereits nach der Pilotierung des Seminars deuteten Aussagen von Seminarteilnehmern darauf hin, dass das Seminarkonzept dazu geeignet sein könnte, Studierende zu sensibilisieren. Ein Student formulierte seine Einschätzung, für das Thema sensibilisiert worden zu sein, sogar konkret:

> „Wie eingangs erwähnt, wurde meine Wahrnehmung, Bewertung und überhaupt Verständnis [...] [für, Anm. d. Verf.] Schülervorstellungen sensibilisiert.“ (Student, StEx, Portfolio)

Die Evaluation des dritten Mesozyklus hat gezeigt, dass sich die Wahrnehmung und Bewertung von Schülervorstellungen auch durch die finale Version des Seminars bei vielen teilnehmenden Studierenden verändert hat (vgl. 4.2.3.4 Frage 3.1). Viele Studierende, die vor der Veranstaltung noch kein Vorwissen zu Schülervorstellungen hatten, gaben an, dass sie sich der Bedeutung, der Chancen und Schwierigkeiten, die Schülervorstellungen für den Chemieunterricht mit sich bringen, nach der Veranstaltung bewusster seien. Ein Student formulierte in seinem Portfolio:

> „Ich bin jetzt, so denke ich, sensibilisiert [...] [für, Anm. d. Verf.] Schülervorstellungen, die beim ersten Blick nicht als solche identifiziert werden. Das war vorher nicht so einfach bis kaum möglich, da mir diese Art [...] [von, Anm. d. Verf.] Gedankengang fehlte.“ (Student, Bachelor, Portfolio)

Auch Studierende, die bereits vor der Veranstaltung Kenntnisse über Schülervorstellungen erworben hatten, gaben an, dass sich ihre Wahrnehmung des Themas verändert habe. Die meisten dieser Studierenden antizipierten, dass die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten sie darin unterstützen würden, in Zukunft professionell mit Schülervorstellungen umgehen zu können.

2. *Im Verlauf des Forschungsprojektes sollte ein Seminar entworfen werden, das Studierenden Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit Schülervorstellungen vermittelt.*

Während der Pilotierung wurde diese Frage rein deskriptiv anhand der Fragebögen und auf Grundlage von Aussagen der interviewten Studierenden beantwortet. Beide Quellen zeigten positive Tendenzen bezüglich des Erwerbs von Kenntnissen über Schülervorstellungen und deren Ursachen sowie Fähigkeiten, diese zu erkennen. Die Evaluation zeigte aber, dass der Erwerb von Kenntnissen und Fähigkeiten bezüglich Umgangsweisen mit Schülervorstellungen nicht befriedigend erreicht werden konnte. Diese Erkenntnis ging in die Überarbeitung des zweiten und dritten Mesozyklus ein.

Die Auswertung der Fragebögen und Interviews des dritten Mesozyklus zeigte, dass die Studierenden Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse im Kontext Schülervorstellungen erwerben konnten. Viele Studierende kannten nach dem Seminar signifikant mehr typische (Schüler-)Vorstellungen und deren Ursachen als vor dem Besuch der Veranstaltung. Außerdem konnten die Studierenden nach der Veranstaltung durchschnittlich mehr konkrete Diagnosemöglichkeiten nennen. Der Einsatz eines Follow-up-Tests ein halbes Jahr nach dem Ende der Veranstaltung konnte Hinweise darauf geben, dass die während des Seminars erworbenen Kenntnisse zu Schülervorstellungen und ihren Ursachen relativ stabil waren. Durch Beobachtungen während der Entwicklung und Durchführung von Unterrichtssequenzen im Lehr-Lern-Labor und durch die Auswertung der Portfolios konnte belegt werden, dass die Studierenden in der Lage waren, für eine selbstgewählte Schülervorstellung ein Diagnoseinstrument auszuwählen oder auch selbst zu gestalten.

Veränderungen von Kenntnissen und Fähigkeiten im Umgang mit Schülervorstellungen waren weniger stark ausgeprägt. Im Post-Interview konnte z. B. durchschnittlich nur eine Umgangsweise mehr genannt werden als im Prä-Interview und nur zwei Umgangsweisen wurden nach dem Seminar signifikant häufiger genannt. Rückschlüsse auf die Dauerhaftigkeit dieser leichten Veränderungen waren nicht möglich. Dieses Evaluationsergebnis deutet zwar darauf hin, dass Lernprozesse stattgefunden

haben, für einen professionellen Umgang mit Schülervorstellung wären weitere Kenntnisse auf diesem Gebiet allerdings wünschenswert. Das Seminar kann hier als erster Schritt zur Professionalisierung verstanden werden, die während der weiteren Ausbildung der Lehramtsstudierenden weiter vorangebracht werden sollte.

3. *Im Verlauf des Forschungsprojektes sollte ein Seminar entworfen werden, das Studierenden ihre Subjektiven Theorien über Verständnisschwierigkeiten und ihre fachlich falschen Vorstellungen bewusstmacht und sie ggf. anregt, ihre Subjektiven Theorien zu verändern.*

Die Auswertung der Evaluationsinstrumente lässt begründete Hinweise darauf zu, dass dieses Ziel bei vielen Studierenden erreicht werden konnte. Die Evaluation der Hauptstudie bestätigte zuerst die – auf Grundlage einer im Vorfeld der vorgestellten Arbeit durchgeführten Interviewstudie – aufgestellte Hypothese, dass Studierende die Entstehung fachlich falscher Vorstellungen häufig auf personenzentrierte und defizitorientierte Ursachen zurückführen. Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass die befragten Studierenden nach dem Seminar Ursachen, die auf die Lebenswelt der Lernenden und den Einfluss anderer Unterrichtsfächer zurückgehen, als signifikant wichtiger bewerteten als vor der Veranstaltung. Bezüglich Ursachen dieser Kategorien scheint also eine Veränderung der Subjektiven Theorien zu Ursachen für die Entstehung von Verständnisschwierigkeiten stattgefunden zu haben, die auch ein halbes Jahr nach Abschluss des Seminars noch nachweisbar war. Dass das Seminar – vermutlich angeregt durch das Anfertigen eines Portfolios – zur Bewusstmachung von Subjektiven Theorien über die Bedeutung von Schülervorstellungen und deren Ursachen führte, kann zumindest exemplarisch anhand von Aussagen der Studierenden in ihren Portfolios belegt werden:

> „Bevor ich das Seminar belegt habe, wusste ich gar nicht, dass so viele Fehlvorstellungen existieren. Ich ging davon aus, dass Schüler das ein oder andere Mal was falsch verstehen könnten, aber dass so breitflächig falsche Vorstellungen vorherrschen, war mir überhaupt nicht bewusst. Insofern hat das Seminar meinen Blick und meine Wahrnehmung für Fehlvorstellungen im Chemieunterricht sehr geprägt. Daher ist es mir auch wichtig, falsche Schülervorstellung in meinem späteren Unterricht einzubeziehen, das heißt, zu diagnostizieren und auch daran zu arbeiten, falsche Vorstellungen zu reduzieren.“ (Studentin, Bachelor, Portfolio)

Auch bezüglich Subjektiver Theorien über Umgangsweisen mit Schülervorstellungen im Unterricht konnten signifikante Änderungen nachgewiesen werden. Nach dem Seminar antizipierten die Studierenden häufiger, sie würden Schüler, die eine fachlich falsche oder eine fachlich richtige Antwort gegeben haben, ihre Antwort

erklären lassen oder sie würden in beiden Fällen die Frage noch einmal von einem anderen Schüler beantworten lassen. Den Studierenden scheint die Bedeutung von Lernprozessen als individuelle Konstruktionen bewusster zu sein als vor dem Seminar und sie reagierten darauf mit dem Wunsch, mehr über die Gedankengänge hinter den Antworten zu erfahren. Dass sich zumindest einige Studierende dieser Veränderung ihrer Subjektiven Theorien bewusst geworden sind, zeigt der exemplarisch ausgewählte Portfolioeintrag:

> „Sie [Wahrnehmung und Bewertung des Themas „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht", Anm. d. Verf.] hat sich in dem Maß verändert, dass mir noch deutlicher klar wurde, wie viele, teilweise kreative und durchdachte, Gedankengänge auch hinter einer fachlich falschen Antwort stecken können." (Student, Bachelor, Portfolio)

Zusätzlich zeigte die Auswertung einer Frage, die nach Subjektiven Theorien zum sinnvollen Verhältnis, in dem die Studierenden verschiedene Sozialformen im Unterricht einsetzen würden, fragte, einen signifikanten Anstieg der schülerzentrierten Sozialform Partnerarbeit.

Auch die Veränderungen Subjektiver Theorien zu Umgangsweisen mit Schülervorstellungen scheinen, auf Grundlage des Follow-up-Tests bewertet, über ein halbes Jahr hinaus anzuhalten, was auf eine relative Stabilität der neu erworbenen Subjektiven Theorien hinweist.

5.2 Theoriebildung

Die Ergebnisse der Retrospektiven Analyse zeigen, dass die Intervention in Form des vorgestellten Seminars zu Veränderungen der Kenntnisse und Fähigkeiten im Kontext Schülervorstellungen sowie zur Änderung Subjektiver Theorien führen kann. Die folgende Theoriebildung strebt daher nach Erklärungen für die Wirksamkeit des Seminars.

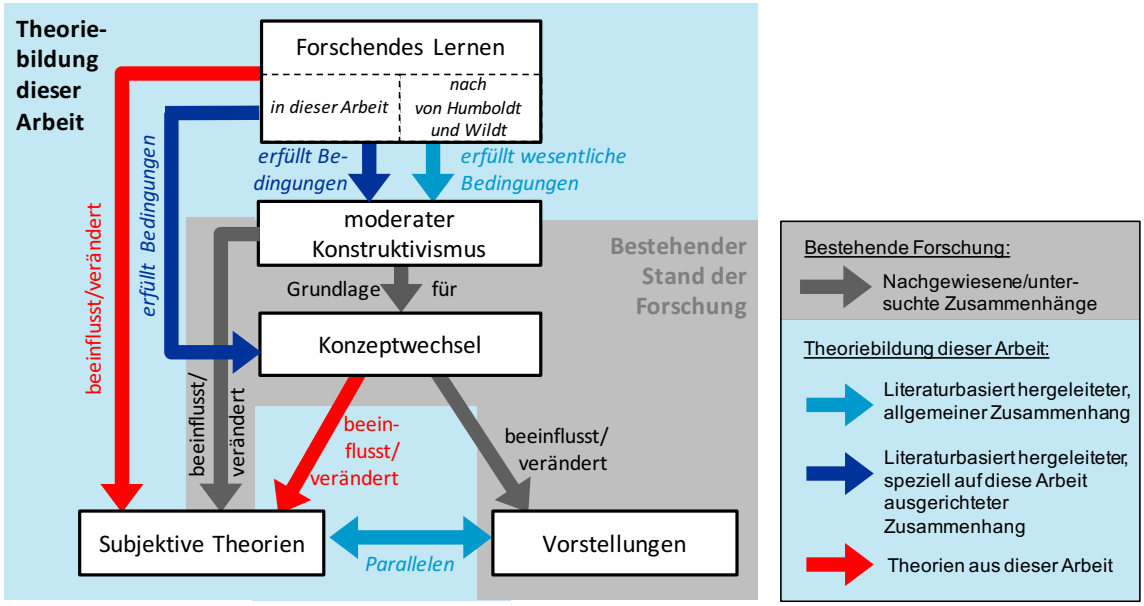


Abbildung 19: Grafische Darstellung der Theoriebildung

Abbildung 19 stellt die Theoriebildung dieser Arbeit grafisch dar. Grau hinterlegte Inhalte wurden bereits wissenschaftlich untersucht und veröffentlicht. Sie wurden, soweit nicht in der folgenden Darstellung der Theoriebildung explizit zitiert, in Abschnitt 3.4 dargestellt.

Blau hinterlegte Bereiche umfassen Theoriebildungen, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit vorgenommen wurden. Innerhalb der eigenen Theoriebildung wird zwischen allgemeingültigen Zusammenhängen (durch hellblaue Pfeile dargestellt) und Zusammenhängen, die sich konkret auf das vorgestellte Seminar beziehen (durch dunkelblaue Pfeile dargestellt) unterschieden. Alle eigenen Theoriebildungen erfolgten literaturbasiert und werden in den folgenden Abschnitten (Abschnitte 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 und 5.2.4) dargelegt. Die Zusammenhänge, die in Abbildung 19 durch rote Pfeile dargestellt sind, beschreiben neue Theorien, die sich auf Grundlage der literaturbasierten Theorien und der Evaluationsergebnisse dieser Arbeit ergeben.

Am Beginn der Theoriebildung stand das Ergebnis der Evaluation, das zeigte, dass die aktive Teilnahme an dem entwickelten Seminar zu Veränderungen von Subjektiven Theorien über Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht führen konnte. Die Theoriebildung stellt nun eine mögliche Erklärung für diese Veränderung vor.

Aus der Forschung zu Schülervorstellungen war bekannt, dass diese durch Interventionen verändert werden können. Diesen Interventionen, denen meist die Lehr-Lern-Theorie des moderaten Konstruktivismus zugrunde lag, sollten den Prinzipien der

Conceptual Change-Theorien folgen und die Lernenden zur Reflexion über bestehende Vorstellungen und damit zu Konzeptwechseln anregen (vgl. 3.4.1 Lerntheorien Konstruktivismus und Conceptual Change). Kleickmann et al. (2007) konnten nachweisen, dass an Conceptual Change-Theorien orientierte Seminare auch bei Lehrkräften zu Vorstellungsänderungen führen konnten.
Während der intensiven Beschäftigung mit den Themengebieten „Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ und „Subjektive Theorien“ fiel auf, dass beide Konstrukte wesentliche Parallelen aufweisen. Ein literaturbasierter Vergleich (vgl. 5.2.1 Parallelen zwischen Subjektiven Theorien und Schülervorstellungen) der beiden theoretischen Konstrukte bestätigte diesen Eindruck und ergab, dass die fünf Definitionsmerkmale Subjektiver Theorien von Dann auf Schülervorstellungen bezogen werden können. Schülervorstellungen können so als Teilmenge Subjektiver Theorien und als stark domänenspezifische Subjektive Theorien im naturwissenschaftlichen Kontext verstanden werden. Aus diesen Parallelen und den bestehenden Forschungsergebnissen zu Vorstellungsänderungen ergab sich folgende Theorie:

Theorie 1: „Intervention, die die Bedingungen für einen Konzeptwechsel erfüllen, können zur Veränderung von Subjektiven Theorien führen.“

Die Konstruktion des vorgestellten Seminars wurde daraufhin auf die Existenz der von Posner und Strike aufgestellten Bedingungen zur Förderung eines Konzeptwechsels untersucht (vgl. 5.2.4 Forschendes Lernen im Seminar erfüllt die Bedingungen für einen Konzeptwechsel). Zum Beleg, dass die geschaffenen Bedingungen die gewünschten kognitiven Effekte hatten, wurden Portfolios der Studierenden des dritten Mesozyklus analysiert. Diese Analyse ergab, dass das Seminar alle Bedingungen für einen Konzeptwechsel erfüllte. Theorie 1 kann somit durch die Evaluationsergebnisse des Seminars gestützt werden.

Da der Schwerpunkt der Seminarkonzeption nicht auf der Erfüllung der Bedingungen für einen Konzeptwechsel gelegen hatte, sondern auf der Erfüllung der Bedingung Forschenden Lernens, ergab sich eine zweite Theorie:

Theorie 2: „Interventionen, die an Forschendem Lernen orientiert sind, können zur Veränderung Subjektiver Theorien führen.“

Aufgrund der großen Diversität von Veröffentlichungen, die Forschendes Lernen in Schule und Hochschule beschreiben, war es nicht möglich, diesbezüglich eine allgemeingültige Aussage zu treffen. Für die beiden dem Seminar zugrundeliegenden Formen des Forschenden Lernens (Forschendes Lernen nach Wilhelm von

Humboldt und der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt) konnte aber literaturbasiert belegt werden, dass sie wesentliche Bedingungen des moderaten Konstruktivismus erfüllen (Abschnitt 5.2.2). Ein Vergleich beider Formen des Forschenden Lernens mit den Bedingungen zeigte, dass je sechs von sieben Merkmalen, die einen moderat-konstruktivistischen Lernprozess charakterisieren, von diesen Formen des Forschenden Lernens erfüllt werden. Dies lässt den Schluss zu, dass Forschendes Lernen (nach von Humboldt und Wildt) wesentliche Bedingungen für moderaten Konstruktivismus erfüllt. Nach Richardson führten konstruktivistisch orientierte Lehrerbildungsprogramme häufiger zu Veränderungen von Subjektiven Theorien als Veranstaltungen, die auf Grundlage anderer Lerntheorien entwickelt worden waren (Richardson 1996). Unter der Bedingung, dass Theorie 1 zutrifft, könnte Forschendes Lernen in den beiden überprüften Ausführungen (nach von Humboldt und Wildt) zur Veränderung Subjektiver Theorien führen.
Da aber nicht nur eine allgemeine Theoriebildung angestrebt wurde, sondern vor allem die Wirkung des entwickelten Seminars erklärt werden sollte, wurde auch überprüft, ob diese konkrete Form des Forschenden Lernens ebenfalls die Kriterien für moderaten Konstruktivismus erfüllte (vgl. 5.2.3 Forschendes Lernen im Seminar erfüllt wesentliche Bedingungen des moderaten Konstruktivismus). Die Überprüfung kam zu dem Schluss, dass das Seminar alle Bedingungen des moderaten Konstruktivismus erfüllt. Die Ergebnisse der Evaluation des Seminars bestätigen somit auch Theorie 2.

Folgend werden die literaturbasiert entwickelten und der Theoriebildung zugrundeliegenden Annahmen und Zusammenhänge beschrieben.

5.2.1 Parallelen zwischen Subjektiven Theorien und Schülervorstellungen

Forschung zu Subjektiven Theorien hat ihren Ursprung und ihre weiteste Verbreitung innerhalb der pädagogischen Psychologie (u. a. Wahl, Dann, Bromme) und der kognitiven Lern-Psychologie (u. a. Groeben). Die Erforschung von Schülervorstellungen, ihren Ursachen sowie Möglichkeiten, diese zu verändern, sind ein verhältnismäßig spezielles Forschungsgebiet naturwissenschaftsdidaktischer Forscher.
Fussangel nimmt in ihrer Dissertation eine Gegenüberstellung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden von Subjektiven Theorien und Konzepten bzw. „Fehlkonzepten“ im Kontext der Conceptual Change-Forschung vor (Fussangel 2008). Hiermit leistet sie eine wesentliche Verknüpfung der oben genannten Forschungsgebiete. Sie verwendet aber eine verhältnismäßig enge, stark defizitorientierte Definition von

Konzepten[38]. Im Folgenden soll diese Gegenüberstellung nachgezeichnet und auf die dieser Arbeit zugrundeliegende weitere Definition von Schülervorstellungen übertragen werden. Zusätzlich wird gezeigt, dass Schülervorstellungen im Sinne naturwissenschaftsdidaktischer Forschung als Teilmenge Subjektiver Theorien betrachtet werden können.

Subjektive Theorien und Schülervorstellungen sind komplexe kognitive Strukturen, die stark durch den Kontext, in dem sie ausgeprägt und abgerufen werden, beeinflusst werden. Schülervorstellungen wurden in der Vergangenheit meist für einen relativ eng umschriebenen Inhalts- und Wissensbereich erforscht und beschrieben. Dieser Bereich umfasste häufig naturwissenschaftliche Inhalte, die als Teil des Lehrplans allgemeinbildender Schulen unterrichtet werden. Einige Arbeiten nahmen auch Inhalte in den Blick, die erst auf berufsbildendem oder universitärem Niveau thematisiert werden. Der Fokus dieser Forschung lag in den ersten Jahren vor allem darauf, Vorstellungen von Schülern zu erkennen und zu beschreiben. Daran schloss sich der Versuch an, Strategien zu entwickeln, die den Lernenden das fachlich richtige Verständnis von Chemie erleichtern sollten. Der Begriff Schülervorstellungen beschreibt damit stark domänenspezifische naturwissenschaftliche Konzepte. Die im deutschen Sprachraum übliche Unterteilung der Naturwissenschaften in Chemie, Biologie, Physik führt zusätzlich zu einer aus der spezifischen naturwissenschaftsdidaktischen Sicht geleiteten Betrachtung dieser Konzepte, die eine noch ausgeprägtere Domänenspezifität der erforschten Konzepte zur Folge hat. Kognitionspsychologen sahen ihre Aufgabe nach Maichle z. B. eher in der „Beschreibung und Analyse inhaltsneutraler Prozesse, in denen die Inhalte verarbeitet werden“ (Maichle 1981, S. 26), als in der Beschäftigung mit den Inhalten von Denkprozessen. Als Beispiele für psychologische und erziehungswissenschaftliche Untersuchungen Subjektiver Theorien im Kontext Schule wird exemplarisch auf die Arbeiten von Fussangel (2008) und Mehring (2009) verwiesen. Bei den in dieser Arbeit in den Blick genommenen Subjektiven Theorien handelt es sich um stark domänenspezifische Theorien, da konkret nach Ursachen für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen über chemische Fachinhalte gefragt wird.

Um Parallelen zwischen Subjektiven Theorien und Schülervorstellungen aufzuzeigen, sollen folgend die fünf Definitionsmerkmale Subjektiver Theorien von

[38] Fussangel vertritt in ihrer Arbeit eine Perspektive auf Schülervorstellungen, die nicht mit der aktuellen Perspektive der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung übereinstimmt. Sie definiert die Conceptual Change-Forschung als Forschung, die „sich vorrangig mit der Frage beschäftigt, wie Fehlkonzepte in `richtige´ Konzepte umgewandelt werden können“ (Fussangel 2008; S. 79). Zur Entwicklung der Conceptual Change- und Conceptual Growth-Forschung sowie zum aktuellen Stand dieser Forschung vgl. Abschnitt 3.4.1.

Dann (vgl. 3.4.4.1 Definitionen Subjektiver Theorien) auf Schülervorstellungen bezogen werden, indem in den Definitionsmerkmalen der Begriff Subjektive Theorien durch Schülervorstellungen ersetzt und überprüft wird, ob diese Aussagen aufgrund der aktuellen Forschung zu Schülervorstellungen bestätigt oder widerlegt werden können.

1. Schülervorstellungen sind relativ stabile kognitive Strukturen, die durch Erfahrung verändert werden können.

Diese Aussage ist nach den Erkenntnissen der Forschung zu Schülervorstellungen korrekt. Vorstellungen werden als kognitive Strukturen bezeichnet (z. B. Maichle 1981), die nicht einfach, sondern häufig nur als Ergebnis eines „langen, mühsamen Prozesses“ verändert werden können (Duit 1995, S. 910; Duit 1999).

Die Stabilität von naturwissenschaftlichen Vorstellungen zeigt sich besonders darin, wie schwer es Lehrenden fällt, ihren Unterricht so zu gestalten, dass die Lernenden im Anschluss an den Unterricht die wissenschaftlich akzeptierte Vorstellung beherrschen und anwenden können. Studien beschreiben, dass Schüler im Anschluss an naturwissenschaftlichen Unterricht häufig wieder auf ihre ursprünglichen Vorstellungen zurückgreifen. Bezüglich Vorstellungen, die aus lebensweltlichen Erfahrungen oder der Verwendung der Alltagssprache erwachsen, wird dies so erklärt, dass sich diese Vorstellungen in der Lebenswelt bewährt haben. In einigen Fällen wurden auch Hybridvorstellungen beschrieben, in denen Schüler einige Aspekte der neu erlernten, naturwissenschaftlich akzeptierten Vorstellung mit alten Vorstellungen verbinden (Duit 1995).

2. Schülervorstellungen sind teilweise implizit, teilweise aber auch dem Bewusstsein des Individuums zugänglich. Durch Explizierungshilfen können unbewusste Vorstellungen den Schülern bewusst gemacht werden, was als einer der ersten Schritte zur Reflexion dieser Vorstellungen und gegebenenfalls zu ihrer Veränderung angesehen wird.

Das speziell für den Umgang mit Schülervorstellungen entwickelte Unterrichtskonzept „choice2learn“ basiert auf der Annahme, dass „Vorstellungen prinzipiell „verfügbar“ sind, jedoch nicht in jeder Situation gleichermaßen „aktiviert“ bzw. „erlebt“ werden“ (Marohn 2008a, S. 58). Ebenso wie andere Konzepte zur Veränderung von Schülervorstellungen – u. a. Concept Maps und „Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren“ – regt es die Schüler dazu an, sich ihrer Vorstellungen bewusst zu werden und diese mit anderen Schülern zu diskutieren.

Solche Diskussionen können nur dann sinnvoll geführt werden, wenn sich jeder Schüler seiner Vorstellung bewusst ist, diese also für sich expliziert hat. Im kommunikativen Austausch vergleicht der Schüler seine Vorstellungen mit den Vorstellungen anderer Lernender und verändert diese, wenn er dies für sinnvoll und notwendig erachtet. Konzepte zur Veränderung von Schülervorstellungen leisten Hilfen zur Explizierung von Schülervorstellungen und regen Schüler so zur Reflexion über ihre Vorstellungen an.

3. Schülervorstellungen besitzen – ähnlich wie die dasselbe Phänomen erklärenden wissenschaftlich akzeptierten Vorstellungen – eine zumindest implizite Argumentationsstruktur.

Sowohl fachlich richtige als auch fachlich falsche Schülervorstellungen besitzen eine zumindest implizite Argumentationsstruktur. Anhand des folgenden Beispiels wird exemplarisch die Argumentationsstruktur der fachlich falschen Vorstellung, dass Moleküle beim Lösen in Wasser in ihre Atome oder Molekülfragmente zerbrechen, nachvollzogen. Der Schüler beobachtet, dass sich Zucker in Wasser löst, der Zucker ist dann nicht mehr sichtbar. Der Schüler kann davon ausgehen, dass der als Molekül sichtbare Zucker in Wasser in seine nicht sichtbaren Atome zerfallen ist. Diese einzeln betrachtet logischen Überlegungen können zur Ausbildung einer fachlich falschen Vorstellung führen. Gestärkt werden kann diese Vorstellung dann z. B. durch Erfahrungen aus dem Chemieunterricht. Dort lernen Schüler Lösungsvorgänge kennen, in denen wirklich chemische Bindungen voneinander gelöst werden, z. B. die Lösung ionischer Bindungen. Löst man Kochsalz in Wasser, werden die Ionen des Kristalls hydratisiert und so aus dem Kristall gelöst (vgl. 4.2.3.3.1.1.3 Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose).

4. Schülervorstellungen erfüllen verschiedene Funktionen, u. a. (a) der Situationsdefinition, (b) der nachträglichen Erklärung und oft der Rechtfertigung eingetretener Ereignisse, (c) der Vorhersage oder auch Erwartung zukünftiger Ereignisse und (d) der Generierung von Handlungsentwürfen oder Handlungsempfehlungen, um erwünschte Ereignisse herbeizuführen oder unerwünschte zu vermeiden.

Diese Aussage kann für einige der genannten Bedingungen als zutreffend bezeichnet werden. Fachlich richtige, aber auch fachlich falsche Vorstellungen können für die Vorhersage zukünftiger Ereignisse herangezogen werden. Die geschieht z. B., wenn ein Schüler im Unterricht dazu aufgefordert wird, eine Prognose für den Ablauf eines Experiments zu formulieren, oder wenn er seine Beobachtung eines Experiments auf

der Grundlage seiner Kenntnisse und Vorstellungen erklärt. Je nach Kontext der Vorstellung kann diese auch als Handlungsempfehlung z. B. für den Aufbau oder die Durchführung eines selbst geplanten Experiments herangezogen werden.

5. Schülervorstellungen können indirekt auch handlungsleitende oder handlungssteuernde Funktionen haben.

Aufgrund der starken Domänenspezifität von empirisch gefundenen Schülervorstellungen über naturwissenschaftliche Phänomene werden diese zwar eher selten handlungsleitend für konkrete Alltagssituationen herangezogen, ausgeschlossen ist dies aber nicht. Beispielsweise können Vorstellungen über Säuren und Basen Auswirkungen auf dem Umgang einer Person mit Reinigungsmitteln haben. Im Kontext naturwissenschaftlich dominierter Forschungssituationen, z. B. für die Entwicklung, Durchführung und Auswertung eines Experiments, können (Schüler-)Vorstellungen handlungsleitende oder handlungssteuernde Funktionen haben.

Vorhergehende Betrachtungen zeigen, dass die fünf Definitionsmerkmale Subjektiver Theorien von Dann auf Schülervorstellungen bezogen werden können. Schülervorstellungen können auf Grundlage dieser Argumentation als Teilmenge Subjektiver Theorien und somit als stark domänenspezifische Subjektive Theorien im naturwissenschaftlichen Kontext verstanden werden.

5.2.2 Forschendes Lernen in der universitären Lehrerausbildung erfüllt wesentliche Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus

Wie in Abschnitt 3.4.3 dargelegt kann Forschendes Lernen in vielen verschiedenen Lehr- und Lernszenarios umgesetzt werden. Es ist daher nicht möglich, Forschendes Lernen verallgemeinernd daraufhin zu überprüfen, ob es Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus erfüllt. Folgend werden zwei für die universitäre (Lehrer-)Ausbildung relevante Formen Forschenden Lernens bezüglich ihrer Übereinstimmung mit Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus untersucht:

1. die „Einheit von Forschung und Lehre“ nach Humboldt
2. Lernen im Format des Forschungsprozesses nach Wildt

Anschließend wird dargelegt, inwiefern das vorgestellte Seminar und dessen Konzeption, die als Anwendung der beiden analysierten Formen Forschenden Lernens verstanden wird, die Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus erfüllt.

5.2.2.1 Erfüllt die „Einheit von Forschung und Lehre“ nach von Humboldt wesentliche Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus?

Die hier analysierte, im universitären Kontext erste und bis heute das Selbstverständnis moderner Universitäten prägende Form Forschenden Lernens geht auf die Programmschrift zur Gründung der Berliner Universität (1809) Wilhelm von Humboldts zurück (vgl. 3.4.3.1 Einheit von Forschung und Lehre – heute noch aktuell?).

Die im Königsberger Schulplan vorgestellte, von von Humboldt anzustrebende Rollen- und Aufgabenverteilung zwischen Lehrenden und Lernenden an einer Universität distanziert sich klar von lehrerzentrierten Vermittlungsprozessen eines festgeschriebenen Wissenskanons (Herrmann 2005). Sie fordert den Studierenden auf, selbst zu forschen. Der Lehrende nimmt eine die Forschung des Studierenden leitende und den Studenten unterstützende Rolle ein (von Humboldt 1809).

Diese Vorstellung von Lehren und Lernen beinhaltet wesentliche Grundbedingungen des moderaten Konstruktivismus. Lernen wird als **aktiver** Prozess des **Individuums** beschrieben, der von diesem **selbstständig gesteuert** werden muss. Die **soziale** Eingebundenheit in die Bildungsinstitution Universität ermöglicht den Studierenden nicht nur Austausch untereinander, sondern vor allem Anleitung und Unterstützung durch ihre Professoren. Diese leiten und betreuen Forschungsprojekte in ihren Fächern, und damit in den Fächern, in denen die Studierenden Expertise erlangen wollen, was auf die **Situiertheit** der durch Forschendes Lernen zu erwerbenden Inhalte hinweist. Von Humboldt beschrieb wissenschaftliche Leistungen als „aus der Tiefe des Geistes heraus geschaffen“ (von Humboldt 1810, S. 253) und warnt davor, Wissensansammlungen bereits vorhandenen Wissens als Wissenschaft zu verstehen. Dies kann als Beschreibung der **individuellen Konstruktion** verstanden werden, die im Sinne des moderaten Konstruktivismus als Voraussetzung dient, neue Inhalte zu lernen, zu verstehen oder zu erschließen.

Die Bedeutung von **Emotionen** für das Lernen wird von von Humboldt nicht explizit genannt. Dies kann u. a. durch die Zielsetzungen der Schriften von Humboldts erklärt werden, deren Fokus nicht auf dem Individuum, sondern auf der Verwaltung und Organisation von Universitäten lag.

5.2.2.1 Erfüllt Lernen im Format des Forschungsprozesses nach Wildt wesentliche Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus?

Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses (vgl. Abbildung 10) beschreibt nach Wildt (2009) einen typischen Zyklus von Forschungstätigkeiten, wie

er in der empirischen Sozial- bzw. Bildungsforschung durchlaufen wird. Das Durchlaufen der in diesem Modell beschriebenen Phasen kann für den Erwerb professioneller Kompetenzen von Lehramtsstudierenden gewinnbringend sein (vgl. 3.4.3.4 Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses). Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses kombiniert einen idealtypischen Verlauf empirischer sozial- bzw. bildungswissenschaftlicher Forschung (äußerer Kreis) mit dem „Learning Cycle" nach Kolb (nach Blom 2000 (innerer Kreis)) und offenbart auf diese Weise Gemeinsamkeiten des Forschungsprozesses und des Lernprozesses. Wildt entwickelte das hier analysierte Modell u. a. auf Grundlage seiner vielfältigen Erfahrungen in der Lehrerausbildung. Es diente als Grundlage für die konkrete Ausarbeitung des in dieser Arbeit vorgestellten Seminars. Eine sinnvolle Einstiegsmöglichkeit in Lernen entlang des Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses bietet das Eintauchen in die Praxis des Studienfaches der Studierenden. Lernen findet nach diesem Modell **situiert**, also in Szenarien statt, die der zukünftigen Berufstätigkeit des Studierenden zumindest ähneln werden. Die im moderaten Konstruktivismus grundlegende Annahme, dass **Wissen und Welt individuellen Konstruktionen** entsprechen, akzeptiert dieses Modell durch die Integration des „Learning Cycle" nach Kolb, den Wildt wie folgt beschreibt:

> „Ausgangspunkt des Lernprozesses ist demnach die „experience", die mehr ist als Alltagserfahrung, indem sie im Dewey'schen Sinne „continuity", also die Kohärenz der Erfahrung in der Alltagswelt, herstellt. Der Lernprozess wird angetrieben durch eine Distanznahme zur „experience", die auf vielfältige Anlässe zurückgehen kann. Insbesondere Unstimmigkeiten, Widersprüche, Probleme, Rätsel, Unsicherheiten, die in der „experience" virulent werden, führen zu deren „Reflexion". Die Reflexion wiederum kann zu neuen Sichten der Wirklichkeit führen, die veränderte Wirklichkeitskonzeptionen enthalten. In einem weiteren Schritt werden diese dann im praktischem [sic] Handeln („Experiment") überprüft. Dabei gewonnene Erfahrungen gehen wiederum in die „experience" ein, aus der durch neuerliche Anstöße der Lernprozess erneut in Gang gesetzt und der Learning Cycle ggf. neu wiederholt in einem spiralförmig sich aufbauenden Erkenntnisgewinn durchlaufen wird." (Wildt 2009, S. 6)

Vor allem die Distanznahme zur „experience" und die Reflexion über auftretende Konflikte legen nahe, dass es sich beim Durchlaufen des „Learning Cycle" um einen **aktiven Prozess** handelt. Ein sinnvolles und zielgerichtetes Durchlaufen des Learning Cycle (innerer und äußerer Kreis) ist nur möglich, wenn der Lernende seinen eigenen Wissens- und Arbeitsfortschritt reflektiert und – ausgehend von dieser Reflexion – **bewusst steuert**. Interaktion und Kommunikation mit anderen Personen können diesen Vorgang erleichtern. Die **soziale** Eingebundenheit wird in der Phase der „Themenfindung und -aushandlung" konkret, da eine Aushandlung nur in der Interaktion mit anderen Personen oder ggf. Veröffentlichungen anderer

Forscher vorgenommen werden kann. Die Bedeutung von **Emotionen** für das Lernen wird auch in dieser Darstellung des Forschenden Lernens nicht explizit genannt. Emotionale Reaktionen wie z. B. Unsicherheit, Frustration, aber auch Freude über eigene Erfolge treten aber zwangsläufig als Folge des von Wildt beschriebenen Arbeitens auf.

5.2.3 Forschendes Lernen im Seminar erfüllt wesentliche Bedingungen des moderaten Konstruktivismus

Zuletzt soll das in dieser Arbeit vorgestellte Seminar darauf überprüft werden, ob es wesentliche Bedingungen für Lernen nach moderatem Konstruktivismus erfüllt. Wenn die Studierenden durch den Besuch der entworfenen und evaluierten Veranstaltung einen Zuwachs an Fähigkeiten und Fertigkeiten erfahren, mit anderen Worten „etwas lernen“ sollen, sollten die Inhalte des Seminars Bedingungen erfüllen, die Lernen ermöglichen und/oder erleichtern. Als Bedingungen für Lernen werden die Merkmale des moderaten Konstruktivismus herangezogen, die nach dieser Lehr- und Lerntheorie den Lernprozess charakterisieren (Abschnitt 3.4.1.1.2). Die Merkmale werden folgend genannt und der Seminarverlauf wird auf das Vorliegen dieser Merkmale überprüft.

1. Lernen ist ein aktiver Prozess.
   Das Seminar ist während des ganzen Semesters so gestaltet, dass die Studierenden zur eigenständigen aktiven Arbeit angehalten werden. Bereits während der Phase der Theoretischen Fundierung erhalten sie nicht nur umfangreiche Informationen über Schülervorstellungen, ihre Ursachen, Diagnosemöglichkeiten und Umgangsweisen mit diesen, sondern sie antizipieren Vorstellungen aufgrund ihrer Vorerfahrungen, diagnostizieren Vorstellungen in ihrem Freundes- und Bekanntenkreis und sie entwickeln in Kleingruppen Strategien, um mit Vorstellungen im Unterricht umzugehen.
   Die sich anschließende Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer selbst entwickelten Unterrichtsstunde erfordert ein Höchstmaß an Aktivität der Studierenden; ohne diese wären die genannten Leistungen nicht zu erbringen.

2. Lernen bedeutet, sich Welt und Wissen zu konstruieren.
   Das Vorwissen der Studierenden spielt in dieser Veranstaltung eine wesentliche Rolle. Sie werden im Verlauf der Theoretischen Fundierung immer wieder ermutigt, sich ihres Vorwissens und ihrer Vorstellungen bewusst zu werden und diese

zu hinterfragen. Dies erfolgt z. B., indem die Studierenden fachlich falsche Antworten auf eine vorgegebene Frage antizipieren oder einen Fragenbogen zur Diagnose von Vorstellungen entwickeln, das Instrument erproben und die Ergebnisse mit ihren Erwartungen abgleichen. Das Seminar-begleitende Portfolio regt die Studierenden dazu an, sich ihrer Vorstellungen sowie deren Veränderungen im Verlaufe der Veranstaltung bewusst zu werden.

3. Lernen ist individuell.
   Die Studierenden erhalten im Verlauf der Veranstaltung vielfältige Impulse, die ihnen ermöglichen sollen, ihre kognitiven Strukturen so zu verändern, dass sie die Lernziele der Veranstaltung erreichen. Anhand mehrerer Beispiele lässt sich nachweisen, dass die induzierten individuellen Vorstellungsänderungen und Lernfortschritte stattgefunden haben (Abschnitte 4.2.3.2.1 und 4.2.3.3.2). Veränderungen können nicht bei allen Studierenden im gleichen Maße nachgewiesen werden, was als Nachweis für die individuelle Verarbeitung der allen Studierenden zur Verfügung gestellten Impulse verstanden werden kann.

4. Der Lerner steuert seinen Lernprozess selbst.
   Die Konstruktion des Seminars berücksichtigt dieses Merkmal konstruktivistischen Lernens, indem es seine Bedeutung für das Lernen akzeptiert und die individuellen Vorerfahrungen, aber auch unterschiedliche Lerngeschwindigkeiten und Motivationen der Studierenden berücksichtigt. Die Veranstaltung bietet allen Studierenden vielfältige Impulse, die sie in ihrer individuellen Lernsteuerung unterstützen. Hierzu zählt z. B. die Anfertigung des Portfolios, das die Studierenden zur Reflexion über ihre Lernprozesse anhält, oder auch die sehr offene Formulierung der Aufgabenstellung zur Entwicklung der eigenen Unterrichtssequenz. Die finale Entscheidung, die angebotenen Impulse mehr oder weniger intensiv zu nutzen, obliegt aber den Studierenden, die als Erwachsene die Verantwortung für ihren eigenen Lernprozess tragen.

5. Lernen ist sozial.
   Während aller Phasen des Seminars werden die Studierenden angeregt, sich über ihre Vorstellungen von Lehren und Lernen allgemein sowie über Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht konkret auszutauschen. Auf diese Weise teilen die Studierenden ihre individuellen Konstruktionen miteinander und entwickeln gemeinsame, intersubjektive Konstruktionen. Die Entwicklung

von Unterrichtsstunden und Unterrichtssequenzen findet dann auf Grundlage dieser intersubjektiven Vorstellungen statt, die im Verlauf der Reflexion überarbeitet und verändert werden können. Sowohl die vielfach eingesetzten Sozialformen Partner- und Kleingruppenarbeit als auch der unmittelbare Umgang mit Schülern unterstützen die Bedeutung sozialer Interaktionen für das Lernen.

6. Lernen ist emotional.
   Die Veranstaltung bot den Studierenden vielfältige Gelegenheiten einer emotionalen Auseinandersetzung mit den Inhalten. Zu Beginn der Veranstaltung wurden die Lernenden mit ihren eigenen Vorstellungen konfrontiert, was in allen Veranstaltungen (wenn sicher auch nicht bei allen Studierenden) zu Verwunderung über die eigenen Vorstellungen oder über die Vorstellungen der anderen Studierenden führte. Die Diagnose von Vorstellungen im eigenen Freundes- und Bekanntenkreis ermöglichte eine direkte Anbindung der Inhalte an die Lebenswelt der Studierenden. Insbesondere während der Entwicklung und Durchführung der Unterrichtssequenz waren die Studierenden emotional eingebunden, indem sie...
   - hofften, ihr Plan würde funktionieren,
   - gespannt und leicht nervös auf die Schüler warteten,
   - in vielen Fällen erleichtert feststellten, dass ihr Plan funktionierte,
   - in anderen Fällen enttäuscht feststellten, dass ihr Unterrichtsentwurf nicht so funktionierte wie geplant,
   - verwundert oder amüsiert über die Vorstellungen der Schüler waren und
   - zum Schluss erleichtert waren, dass sie ihre Arbeit mit den Schülern allein bewältigt hatten.

   Die emotionale Eingebundenheit der Studierenden war auch anhand ihrer Äußerungen innerhalb der Portfolios nachweisbar (Abschnitt 4.2.3.3.3.1).

7. Lernen ist situiert.
   Der Situiertheit von Lernprozessen wird in diesem Seminar besondere Bedeutung zuerkannt. Bewusst wurden, indem Schüler für die Erprobung in die Universität eingeladen wurden, Situationen geschaffen, die als schulähnlich bezeichnet werden können. Neu erlernte Fähigkeiten und Fertigkeiten können so in einem schulähnlichen Kontext erlernt und/oder gesichert werden, was einen zukünftigen Übertrag in das zukünftige Arbeitsfeld Schule erleichtern kann.

5.2.4 Forschendes Lernen im Seminar erfüllt die Bedingungen für einen Konzeptwechsel

Wie anhand der Evaluation gezeigt werden konnte, ist die geplante, durchgeführte und evaluierte Intervention dazu in der Lage, Subjektive Theorien der Studierenden zu verändern. Erwartungsgemäß wirkt sich die Intervention nicht auf alle Studierenden in derselben Weise aus, die Evaluation liefert aber begründete Hinweise darauf, dass sie für viele Studierende als äußerer Impuls wirken kann, eine oder mehrere ihrer Subjektiven Theorien zu verändern.

Folgend wird dargelegt, inwiefern das vorgestellte Seminar die von Posner und Strike aufgestellten Bedingungen zur Förderung eines Konzeptwechsels erfüllt und auf diese Weise zur Veränderung Subjektiver Theorien beitragen kann.

Am Beginn jedes Konzeptwechsels steht in der Theorie von Posner und Strike eine *Unzufriedenheit mit der aktuellen Konstruktion.*

Das Seminar bietet den Studierenden mehrere Gelegenheiten, diese Unzufriedenheit mit ihren Kenntnissen und Fähigkeiten im Kontext Schülervorstellungen wahrzunehmen. Bereits in der ersten Seminarstunde erfahren die Studierenden, dass sie selbst Schwierigkeiten beim Lösen von Aufgaben haben, deren fachlicher Inhalt nachvollziehbar dem Unterrichtsstoff der Mittelstufe zuzuordnen ist. Aufgrund des gewählten offenen Antwortverfahrens bemerken die Studierenden, die die Aufgabe falsch gelöst haben, dass es mehreren anderen Lernenden ebenso geht. Die Studierenden, die die Aufgabe fachlich richtig gelöst haben, erleben die Schwierigkeiten der anderen Studierenden unmittelbar und erkennen auch, dass es sich nicht um eine kleine Gruppe fachlich schwacher Studierender handelt. Die anschließende, bewusst offen gehaltene Diskussion über vier gewählte Distraktoren offenbart unterschiedliche, fachlich richtige und fachlich falsche Vorstellungen. Ähnliche Erfahrungen wurden auch in den folgenden Wochen ermöglicht. In der zweiten Seminarwoche notierten zwei Studierende dies in ihren Portfolios:

> „Zum Beginn der Sitzung sollten die Studenten ihre Vorstellung von einem einfachen Teilchenmodell skizzieren. Dabei ist aufgefallen, dass keine einheitliche Lösung vorlag. Es liegen also schon Schwierigkeiten nicht nur bei Schülern vor, sondern auch bei Studenten, die Probleme [...] [dabei, Anm. d. Verf.] haben, einen einfachen Sachverhalt zu skizzieren.“ (Studentin, Portfolio)

> „Das Bemerkenswerteste der Seminarsitzung war für mich, wie unterschiedlich die Studenten auf nahezu banale Fragen geantwortet haben. Das hat gezeigt, welche Verständnisprobleme auftreten können und wie schwierig einzelne Sachverhalte in der Chemie sind. Dadurch wurde man darauf aufmerksam, dass Schüler genau die gleichen Schwierigkeiten mit bestimmten Vorstellungen haben wie die Studenten. Mit dieser Erkenntnis kann man sich besser in die Lage der Schüler versetzen.“ (Studentin, Portfolio)

Dass diese Erfahrung einige Studierende zum Nachdenken angeregt hat, zeigen z. B. die folgenden Antworten auf die Frage, was für sie das Bemerkenswerteste der zweiten Seminarsitzung gewesen sei:

> „Festzustellen, dass selbst wir mit dem nötigen Vorwissen noch in viele Fallen tappen, wenn nach scheinbar einfachen chemischen Sachverhalten gefragt wird." (Student, Portfolio)

> „Das zeigt uns, wie viel Einfluss unser Alltagswissen auch bei gutem Vorwissen hat, und es macht anschaulich, wie schwer es die SuS haben mit den chemischen Sachverhalten." (Studentin, Portfolio)

Außerdem stellte sich bei einigen Studierenden durch die Beantwortung des verhältnismäßig ausführlichen Fragebogens eine Unzufriedenheit mit ihrem Vorwissen ein. Konkret äußerte dies ein Student in seinem Portfolio wie folgt:

> „Durch den Fragebogen in der ersten Sitzung ist mir klar geworden, dass ich (noch) nicht mit falschen Schülervorstellungen klarkomme, geschweige denn diese immer erkenne." (Student, Portfolio)

Wenn dem Lernenden die Unzufriedenheit mit seiner Konstruktion bewusst geworden ist, ist er eher bereit, sich auf neue Inhalte einzulassen. Damit diese auch längerfristig in die individuellen Konstruktionen aufgenommen werden, sollte die neue Konstruktion für den Lernenden verständlich und plausibel sein (*Verständlichkeit und Plausibilität der neuen Konstruktion*). Im Kontext der vorgestellten Veranstaltung kann die neue Vorstellung erst dann als „verstanden" betrachtet werden, wenn die Verständnisschwierigkeiten hinter fachlich falschen Vorstellungen als solche verstanden und nachvollzogen werden können. Konkret bedeutet dies, dass die Studierenden Schülervorstellungen nicht defizitorientiert als „Fehler" wahrnehmen, sondern die Gründe und Ursachen, die zur Entstehung fachlich falscher Vorstellungen führen, verstehen. Dieses Verständnis für die Schwierigkeiten hinter fachlich falschen Schülervorstellungen zeigt sich u. a. an dem folgenden Portfolio-Eintrag einer Studentin, die zur zweiten Seminarsitzung schrieb:

> „Das Bemerkenswerteste an der Seminarsitzung war für mich, dass es wirklich so viele verschiedene Fehlvorstellungen bei Schülern gibt. Und vor allem, dass diese Ursachen mir vorher nie bewusst waren, aber viele, wenn man sie hört, total auf der Hand liegen. Ich finde dieses ganze Thema sehr interessant, denn es gab immer wieder so etwas wie „Überraschungsmomente", denn ich hätte viele Dinge vorher einfach anders erwartet." (Studentin, Portfolio)

Die Studentin reflektiert in diesem Eintrag nicht nur über ihr fehlendes Vorwissen im Kontext Schülervorstellungen, sie deutet auch an, dass sie die im Seminar genannten Ursachen fachlich falscher Vorstellungen als plausibel und nachvollziehbar empfindet, wenn sie schreibt, die Ursachen von Schülervorstellungen „liegen auf der Hand".

Zusätzlich äußern einige Studierende Verständnis für die beispielhaft genannten Vorstellungen von Schülern, indem sie diese bei sich selbst identifizieren oder sich zumindest erinnern, diese in ihrer Schulzeit verinnerlicht zu haben. Zum Beispiel:

> „Ich persönlich muss auch zugeben, dass ich selbst einige solcher Vorstellungen als Schüler hatte und diese bis heute teilweise schwer wieder aus der eigenen Vorstellung herauszubekommen sind.“ (Studentin, Portfolio)

Diese Äußerung zeigt mehr ein emotionales Verständnis für die Ausbildung fachlich falscher Vorstellungen, als dass sie Hinweise auf ein kognitives Verstehen der Schwierigkeiten hinter fachlich falschen Vorstellungen liefert. Für den Lernprozess ist dieses emotionale Verständnis aber ebenso bedeutend wie das kognitive (Abschnitt 3.4.1.1.2).

Neben dem Verstehen und der Plausibilität fachlich falscher Vorstellungen und ihrer Ursachen sollten auch die im Seminar kennengelernten Diagnosemöglichkeiten und Umgangsweisen von den Studierenden als verständlich, plausibel und sinnvoll betrachtet werden. Um die Akzeptanz und Wirksamkeit der vorgestellten Diagnoseinstrumente zu fördern, wurden die Studierenden mehrfach dazu angehalten, Diagnoseinstrumente selbst zu entwickeln und zu erproben. Das erste Mal durchliefen die Studierenden diese Form des Forschenden Lernens bereits in der Phase der Theoretischen Fundierung (Abschnitt 4.2.2.3.1), indem sie einen Fragebogen oder einen Interviewleitfaden für Freunde und oder Familienmitglieder entwickelten, erprobten und einsetzten. Die Erfahrungen der Studierenden variieren bei dieser Aufgabe sehr. Einige wenige Studierende hatten ihre Fragebögen oder Interviews so entworfen und vermutlich sehr gut auf ihre befragten Probanden abgestimmt, dass sie keine fachlich falschen Antworten oder fachlich falsche Vorstellungen erkennen konnten. Die überwiegende Anzahl der Studierenden identifizierte aber fachlich falsche Antworten und/oder fachlich falsche Vorstellungen. Die folgend zitierte Studentin formulierte ihre Ergebnisse ausführlich:

> „Bei der zweiten und dritten Frage habe ich mir bekannte Schülervorstellungen erkannt, allerdings haben wir in unserem Fragebogen auch explizit hiernach gefragt. Die zweite Frage war „Was befindet sich in den Bläschen, wenn das Wasser kocht?". Als Antwort standen zur Verfügung Wasser, Wasserdampf und Sauerstoff; und, wie wir uns bei der Erstellung gedacht haben, haben die meisten diese Frage mit Sauerstoff beantwortet.
>
> Die dritte Frage lautete "Was setzt sich am Inneren des Deckels ab, wenn der Deckel auf dem Topf ist?“ Auch hier hatten die Probanden drei Antworten zur Auswahl Wasser, Wasserdampf und Sauerstoff. Genau wie bei der zweiten Frage haben auch hier die Befragten unsere Schülervorstellungen bestätigt. Etwa die Hälfte der Probanden antwortete richtig mit Wasser, allerdings antworte die andere Hälfte mit Wasserdampf. Dass niemand mit Sauerstoff antwortet, habe ich mir gedacht.“ (Studentin, Portfolio)

Ein anderer Seminarteilnehmer äußerte:

„Ja, ich fand es schon erschreckend, wie wenig die Leute über Chemie wirklich wissen, wenn es um Material geht, das am Ende der Sekundarstufe II eigentlich vorhanden sein müsste.

Beim Lösen von Kochsalz in Wasser wussten 2 von 3 nichts damit anzufangen.

Der Begriff Dichte scheint auch nicht allen klar zu sein.

Der Begriff „Lösen" ist bei 1 von 3 nicht zufriedenstellend gewählt.

Bei 2 von 3 ist klar, der Druck ist ebenfalls entscheidend.

Schwierigkeiten bei der Anomalie des Wassers sind kaum aufgetreten.

Ja, es tritt die Vorstellung „vernichten/zerstören" auf." (Student, Portfolio)

Bemerkenswert an dieser Aussage ist zum einen wieder die emotionale Einbindung seiner Erkenntnisse, zum anderen aber, dass die von ihm hinterfragten Inhalte im Gegensatz zu seiner eigenen Aussage dem Lernkanon der Sekundarstufe I zuzuordnen wären.

Einige der im Seminar theoretisch kennengelernten Vorstellungen im persönlichen Umfeld zu identifizieren, verstärkt unter den Studierenden das Verständnis für die Relevanz und Bedeutung von Vorstellungen und verdeutlicht ihnen, warum es wichtig ist, sich im Seminar intensiv mit dem Thema auseinanderzusetzen. Ein Student, der sowohl ca. 50 % fachlich falsche und ebenso viele fachlich richtige Antworten erhoben hatte, indem er erwachsene Personen ohne beruflichen Bezug zu Chemie per Fragebogen befragt hatte, bewertete die Konzipierung und Durchführung des Diagnoseinstruments als „neue Erfahrung" (Student, Portfolio). Studierende, die selbst keine fachlich falschen Vorstellungen diagnostiziert hatten, wurden während der sich anschließenden Präsentationsphase mit den Diagnoseergebnissen der anderen Seminarteilnehmer konfrontiert und erhielten so ebenfalls einen Einblick in das Ausmaß der Verbreitung von Schülervorstellungen.

Die anschließende Präsentation ausgewählter Unterrichtskonzepte zum Umgang mit Schülervorstellungen (u. a. des Unterrichtskonzepts „choice2learn") demonstrierte den Studierenden Möglichkeiten, mit im Seminar vorgestellten und teilweise im Fragebogen erhobenen Vorstellungen umzugehen. Eine Seminarteilnehmerin notierte zu „choice2learn" in ihrem Portfolio:

„Das „choice2learn" Konzept hat mir besonders gut gefallen. Die Aufgaben, die wir durchgeführt haben, waren sehr gut ausgewählt. Durch die Denkanstöße und Experimente kam man Schritt für Schritt zum richtigen Ergebnis. Auch das Video von Schülern und Schülerinnen, die die gleichen Aufgaben bearbeitet haben, hat gezeigt, wie die Schüler zu den richtigen Ergebnissen gekommen sind. Durch die Gruppenarbeit konnten die Schüler gemeinsam diskutieren und Begründungen für die richtige Antwort finden. Die Lernimpulse waren wichtige Mittel, um zum richtigen Ergebnis zu kommen. Es ist eine neue Methode und die Schüler arbeiten selbstständig, der Lehrer nimmt hier die Rolle eines Begleiters ein und steht

> im Hintergrund. Dies passt auch zum neuen Lehrer-Schüler-Verhältnis. Das Einzige, was ein Nachteil sein könnte, ist, dass es im Klassenraum laut sein könnte. Aber damit muss man eigentlich bei jeder Gruppenarbeit rechnen. Ein weiterer Nachteil ist, dass man gute Materialien als Lehrer für dieses Projekt finden muss. (Studentin, Portfolio)

Die Beschäftigung mit dieser und anderen Umgangsweisen mit Schülervorstellungen sollte dazu beitragen, dass die Umgangsweisen von den Studierenden als plausible Instrumente für die Veränderung von Schülervorstellungen wahrgenommen werden. Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass die überwiegende Anzahl der Studierenden den vorgestellten Instrumenten nach der Veranstaltung das Potential zuspricht, unter bestimmten Bedingungen Vorstellungen verändern zu können.

Als weiteres Kriterium für einen Konzeptwechsel fordern Posner und Strike die *Fruchtbarkeit der neuen Vorstellung*. In Bezug auf das Seminar bedeutet dies, dass die Studierenden ihre im Seminar erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten auch in realen Bildungssituationen, in denen sie selbst als Lehrende wirken, als fruchtbar erkennen sollten. Um dies zu ermöglichen, bietet die vorgestellte Veranstaltung den Studierenden die Gelegenheit, neu gelernte Fähigkeiten und Fertigkeiten in einer Klasse mit Schülern zu erproben und ihre Arbeit theoriegeleitet zu evaluieren. Viele Studierende machten die Erfahrung, dass die eingeladenen Schüler dieselben oder ähnliche Vorstellungen mitbrachten, wie sie in der Literatur beschrieben werden. Einige Studierende äußern, dass sie trotz der intensiven Vorbereitung im Seminar gezweifelt hätten, dass in der Lerngruppe wirklich Schüler die empirisch beschriebenen Vorstellungen verinnerlicht haben.

> „Unser Einstieg in die Stunde war ein Comic, wo das Thema Dichte von Coca-Cola und Coca-Cola Light besprochen wurde. Als wir den Comic besprachen, haben die Schüler gewusst, dass die beiden Dosen eine unterschiedliche Dichte haben. Sie konnten auch den Grund dafür sagen, warum die Dichte der beiden Dosen unterschiedlich schwer sei. Da habe ich erst kurz Angst bekommen, dass die Schüler keine fachlich falschen Vorstellungen [...] [haben, Anm. d. Verf.] werden. Doch bei der anonymen Abfrage der einzelnen Vorstellungen sind doch noch falsche Vorstellungen vorgekommen.“ (Student, Portfolio)

> „Ausgangspunkt unserer durchgeführten Unterrichtseinheit war die Fehlvorstellung, dass alle Salze in Wasser löslich sind. Das Hervorbringen der Fehlvorstellung mittels Karteikartenabfrage hat sehr gut und wie erhofft funktioniert. Als die Schüler ihre Zettel an der Tafel in das jeweilige Feld einordneten, habe ich dies erleichtert zur Kenntnis genommen und war gleichzeitig überrascht, dass wir eine Pattsituation verzeichnen konnten. Die eine Hälfte war davon überzeugt, dass alle Salze wasserlöslich sind, während die andere Hälfte gegenteiliger Meinung war. Hieraus ergab sich nochmal ein schönes Spannungsfeld, wer denn nun richtig liegt, da beide Fraktionen gleich stark waren.“ (Student, Portfolio)

In beiden beschriebenen Unterrichtssequenzen führte die Abfrage individueller Vorstellungen zu fachlich falschen Vorstellungen, die die Studierenden aufnahmen und im Unterrichtsverlauf thematisierten. Der zuletzt zitierte Student notierte ebenfalls, dass der Einsatz der selbst entwickelten Aufgaben und Impulse sinnvoll verlaufen sei:

> „Wie es durch die Beantwortung der dritten Impulsfrage zur Durchführung der eigenständig geplanten Unterrichtsstunde bereits deutlich wurde, bin ich unter Berücksichtigung der Videos nach wie vor der Meinung, dass bei der eigentlichen Arbeit mit den Schülern alles gut funktioniert hat. Die Eindrücke aus den Videoaufnahmen deckten sich vollständig mit denen meiner eigenen Wahrnehmung bei der Durchführung der Stunde. Betreffende Filmsequenzen zeigten, dass die Schüler die gegebenen Aufgaben und Impulse aufnahmen und in gewünschter Form verarbeiteten.“ (Student, Portfolio)

Über alle Gruppen betrachtet äußerte sich die überwiegende Mehrheit der Studierenden positiv über ihre Vorbereitungen und den Verlauf ihrer Unterrichtsstunden. Im Wintersemester 2013/14 konnten in der Diagnosephase zwei Gruppen keine fachlich falschen Vorstellungen diagnostizieren. Auch wenn diese Studierenden die „Fruchtbarkeit“ ihrer Unterrichtsstunden nicht unmittelbar erfahren konnten, konnten sie die Auswertung sinnvoll nutzen. Sowohl während der Auswertungsphase als auch während der Abschlusspräsentationen aller Seminarteilnehmer erfuhren diese Studierenden die „Fruchtbarkeit“ der Projekte ihrer Kommilitonen.

Als Fazit aus der vorausgegangenen Analyse kann gezogen werden, dass das Seminar alle Bedingungen für einen Konzeptwechsel erfüllen kann. Eine verallgemeinernde Aussage für alle am Seminar teilnehmenden Studierenden kann aufgrund der Annahme konstruktivistischen Lernens nicht getroffen werden.

6 Ausblick

Zum Abschluss des vorgestellten Projektes bleibt zu hoffen, dass die in dieser Arbeit gewonnenen und veröffentlichten Ergebnisse und Erkenntnisse über das konkrete design-basierte Forschungsprojekt hinauswirken können. Folgend werden Anknüpfungspunkte für Forschung und Lehre vorgestellt. Forschung und Lehre werden hierbei nicht zwangsläufig als unabhängig voneinander betrachtet, sondern können im Sinne des Design-Based Research-Ansatzes auch miteinander kombiniert werden.

Wie für die meisten design-basierten Forschungsprojekte war es auch in dieses Projekt nicht möglich, einen finalen Abschluss zu definieren, sondern es wurde zu einem festgesetzten Zeitpunkt – und als ein für die Forschenden zufriedenstellendes Ergebnis erzielt worden war – beendet. Entsprechend des Design-Based Research-Ansatzes wäre eine Fortführung des Projektes in einem weiteren, vierten Mesozyklus sinnvoll möglich. Für eine solche Fortführung oder auch für andersartige Forschungsprojekte werden folgend mögliche Ansätze vorgestellt:

1. Es wäre wünschenswert, die in der Theoriebildung aufgestellten konkreten Theorien bezüglich ihrer Beständigkeit im erforschten und in ähnlichen Kontexten zu prüfen. Von diesen konkreten Theorien weiterführend wäre es vermutlich auch interessant, die Theorien zu erweitern und zu überprüfen, ob Forschendes Lernen auch zur Veränderung anderer Subjektiver Theorien führen kann.
2. Die im Zusammenhang mit dieser Arbeit entwickelten Modelle – das *Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen* und das *Strukturmodell design-basierter Forschung* – könnten in weiterführenden Arbeiten überprüft und/oder angewandt werden.
3. Die Erhebung Subjektiver Theorien zu Schülervorstellungen erfolgte in dieser Arbeit verhältnismäßig selektiv mit dem Fokus auf Subjektiven Theorien zu Ursachen von Schülervorstellungen und Umgangsweisen mit diesen. Die Daten zur Erhebung Subjektiver Theorien entstammten überwiegend einer schriftlichen Quelle, den Fragebögen. Dieses Vorgehen erscheint auch im Rückblick unter den gegebenen Bedingungen sinnvoll. Für weitere tiefergreifende Untersuchungen zu Subjektiven Theorien über Schülervorstellungen könnten mündliche Befragungen und ggf. der Einsatz von Struktur-Lege-Techniken, wie sie im „Forschungsprogramm Subjektive Theorien“ eingesetzt wurden, gewinnbringend sein.

Die Ergebnisse dieser Arbeit geben begründbare Hinweise, dass der Einsatz Forschenden Lernens sowohl zum Erwerb von Kenntnissen und Fähigkeiten im Kontext Schülervorstellungen als auch zur Reflexion über und ggf. Veränderung von Subjektiven Theorien über Schülervorstellungen führen kann. Dieses Potential könnte in der universitären Lehrerausbildung weiterhin genutzt werden, indem diese oder ähnliche Veranstaltungen in den Lehrplan der Chemielehrerausbildung integriert werden. An der Westfälischen Willhelms-Universität im Münster wurde die hier vorgestellte Veranstaltung nach Abschluss der Datenerhebung (bis jetzt) zweimal angeboten.

Die durch das vorgestellte Seminarkonzept erreichbaren Kenntnisse und Fähigkeiten sind auch in der weiterführenden Lehrerausbildung an Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung ausbildungsrelevant. An die konkreten Lernbedingungen von Referendaren angepasst, könnten wesentliche Bestandteile des Seminars auch in diesem Abschnitt der Lehrerbildung sinnvoll eingesetzt werden. Aufgrund des umfassenderen theoretischen, didaktischen und pädagogischen Vorwissens, das Referendare im Laufe ihrer universitären Ausbildung erworben haben, könnte der Schwerpunkt der Veranstaltung in diesem Kontext stärker auf die praktische Tätigkeit und z. B. die Videografie gelegt werden. Ebenso wäre eine Integration ausgewählter Materialien oder Inhalte des Seminars in die Lehrerweiterbildung denkbar.

7 Glossar statistischer Methoden

Die hier dargestellte Übersicht über die verwendeten Verfahren soll Lesern, die sich eher selten mit Methoden quantitativer Auswertung befassen, einen Einblick in die dieser Arbeit zugrundeliegenden statistischen Methoden geben. Für die Herleitung und Darstellung der Berechnungsformeln, die hinter den hier vorgestellten Tests stehen, sei auf die einschlägige Fachliteratur (u. a. Bortz und Schuster 2010; Field 2009; Rasch et al. 2014a; Rasch et al. 2014b) verwiesen.

7.1 t-Test

t-Tests errechnen, ob sich die Mittelwerte zweier Stichproben systematisch voneinander unterscheiden und lassen so statistische Aussagen darüber zu, „ob zwei betrachtete Gruppen in einem untersuchten Merkmal wirklich einen Unterschied aufweisen oder nicht“ (Rasch et al. 2014a, S. 33). Es existieren t-Tests, die anhand des Mittelwertes einer Stichprobe errechnen, ob dieser mit dem Mittelwert der Grundgesamtheit übereinstimmt, sogenannte Einstichproben t-Tests, und solche, die die empirisch gefundenen Mittelwerte unabhängiger oder abhängiger Variablen analysieren. t-Tests sind parametrische Verfahren, die nur für intervallskalierte Daten zuverlässige Informationen erzeugen. Den genannten t-Tests liegen zwar unterschiedliche Berechnungsformeln zugrunde, konzeptionell weisen sie aber große Gemeinsamkeiten auf (Rasch et al. 2014a).

In der vorliegenden Arbeit werden aufgrund des zugrunde gelegten Untersuchungsdesigns nur t-Tests für abhängige Stichproben angewandt. Die folgenden Ausführungen zu Voraussetzungen, zur Berechnung und der Aussagekraft des Tests beziehen sich daher auf t-Tests für abhängige Stichproben.

Damit das mathematische Verfahren des t-Tests für abhängige Stichproben exakt ableitbar ist, müssen drei Voraussetzungen gegeben sein:

1. Die Stichproben müssen abhängig voneinander sein.
   Dies ist dann der Fall, wenn die Daten zweier Erhebungen paarweise einander zugeordnet werden können, z. B. wenn Daten der gleichen Probanden verglichen werden, die zu zwei verschiedenen Zeitpunkten erhoben wurden.
2. Die untersuchte Variable muss intervallskalierte Daten erzeugen.
3. Die Messwertdifferenzen der Messwertpaare sollten normalverteilt sein.
   Für kleine Stichproben sollte vor dem Einsatz des t-Tests für abhängige Stichproben errechnet werden, ob eine Normalverteilung der Mittelwerte vorliegt. Für Stichproben $n > 30$ Personen kann aufgrund des zentralen

Grenzwerttheorems davon ausgegangen werden, dass die Verteilung der Mittelwerte in Form einer Normalverteilung vorliegt (Bortz und Schuster 2010).

Simulationsstudien haben gezeigt, dass der t-Test auch bei Verletzung der Bedingungen noch zuverlässige Ergebnisse hervorbringt. Der Test gilt daher als relativ robust gegenüber Verletzungen (Bortz und Schuster 2010). Sollten die realen Versuchsbedingungen von den Voraussetzungen abweichen, ist abzuwägen, ob auf die Robustheit des Tests vertraut wird oder alternativ die Daten mit einem anderen Test untersucht werden, z. B. mit dem Wilcoxon-Test für nichtparametrische Daten.

Das Ergebnis des t-Tests gibt Aufschluss darüber, ob die empirische Differenz der Mittelwerte aus zwei Erhebungen signifikant ist oder auf Zufall beruht. Unter der Annahme einer Nullhypothese errechnet der t-Test die Wahrscheinlichkeit, dass die zu testende Mittelwertdifferenz oder eine größere Differenz auftreten. Ist die im t-Test errechnete Wahrscheinlichkeit sehr klein, kann die Nullhypothese als sehr unwahrscheinlich abgelehnt werden. Die Differenz der Mittelwerte zweier Stichproben wäre in diesem Fall nicht durch Zufall zu erklären, sondern es muss auf einen systematischen Effekt geschlossen werden. Auch ein sehr kleiner t-Wert kann keine absolute Gewissheit dafür liefern, dass die Nullhypothese nicht gilt, da auch unter der Nullhypothese prinzipiell jede Mittelwertdifferenz möglich ist (Rasch et al. 2014a). Die Nullhypothese könnte also auch fehlerhaft ausgeschlossen werden. Dieser Fehler wird als α-Fehler oder Fehler 1. Ordnung bezeichnet. Um den t-Wert sinnvoll einordnen zu können, muss entschieden werden, welche Wahrscheinlichkeit einer fehlerhaften Ablehnung der Nullhypothese unter den gegebenen Forschungsbedingungen tolerierbar ist. Hierzu muss eine kritische α-Fehlerwahrscheinlichkeit festgelegt werden, die eine Grenze für die Ablehnung der Nullhypothese darstellt. Diese Grenze wird Signifikanzniveau oder auch α-Fehlerniveau genannt.

Nur wenn die im t-Test errechnete Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Mittelwertdifferenz kleiner ist als das festgesetzte Fehlerniveau, wird die Nullhypothese abgelehnt. Die Mittelwertdifferenz wird dann als signifikant bezeichnet. Das Signifikanzniveau ist nicht statisch, sondern kann je nach Forschungsdesign und Forschungsfrage auf der Grundlage inhaltlicher Überlegungen festgelegt werden (Rasch et al. 2014a).

7.2 Wilcoxon-Test

Der Wilcoxon-Test ist ein nichtparametrischer Test zur Analyse abhängiger Stichproben. Er wird häufig als alternative zum t-Test verwendet, wenn die Voraussetzungen für den Einsatz des t-Tests nicht erfüllt werden oder die Stichprobe zu

klein ist. Im Vergleich zum t-Test kann der Wilcoxon-Test auch für Gruppen kleiner als 30 Probanden, die nicht normalverteilt sind, sinnvolle Ergebnisse liefern (Bortz und Schuster 2010). Der Wilcoxon-Test bildet und analysiert eine Rangreihe. Die Bildung der Rangreihe erfolgt in vier Schritten (Rasch et al. 2014b):

1. Zuerst wird der Wert der ersten Bedingung/des ersten Messzeitpunktes vom Wert der zweiten Bedingung/des zweiten Messzeitpunktes subtrahiert.
2. Aus jeder auf diese Weise gebildeten Differenz wird der Betrag gebildet. Differenzen, die den Wert Null angenommen haben, werden ignoriert. Die Anzahl N der Rangplätze entspricht allen Differenzwerten, die nicht gleich Null waren.
3. Die Beträge der Differenzen werden in eine Reihenfolge gebracht, in der der kleinste Differenzbetrag den Rang 1 erhält, der nächstgrößere den Rang 2 usw.; treten zwei identische Differenzen auf, gehen diese zunächst unabhängig von ihrer Übereinstimmung in die Rangreihenfolge ein. Die Anzahl N bleibt unverändert. Anschließend wird den identischen Differenzen je ein „mittlerer Rangplatz“ zugeordnet (Rasch et al. 2014b, S. 101).
4. Zum Abschluss wird den Rängen, deren Differenz ein negatives Vorzeichen hatten, ein negatives Vorzeichen zugeordnet.

Die so entstandenen Rangplätze werden als „gerichtete Ränge“ (Rasch et al. 2014b, S. 105) bezeichnet. Auf ihrer Grundlage basiert die statistische Auswertung des Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben. Unter Annahme der Nullhypothese besteht kein Unterschied zwischen den beiden betrachteten Bedingungen, die Differenz zwischen den beiden Bedingungen wäre also null. Differenzen treten zufällig auf.

7.3 McNemar-Test

Der McNemar-Test ist eine Variante des Chi^2-Tests, die speziell zur Signifikanzüberprüfung der Häufigkeit eines dichotomen Merkmals entwickelt wurde. Wenn eine Stichprobe zu zwei verschiedenen Zeitpunkten z. B. im Rahmen eines Prä-Post-Designs auf ein alternatives Merkmal untersucht wurde, kann dieser Test einen Hinweis darauf geben, ob eine Änderung dieses Merkmals zufällig entstanden ist oder einen systematischen Hintergrund hat. Der McNemar-Test berücksichtigt nur Fälle, bei denen eine Änderung stattgefunden hat.

Die Nullhypothese des McNemar-Tests besagt, dass keine Änderung stattgefunden hat, beziehungsweise dass Änderungen in einer Richtung durch Änderungen in die entgegengesetzte Richtung ausgeglichen werden. Der Test überprüft, mit welcher

Wahrscheinlichkeit die Nullhypothese zutrifft. Dieser Test erzeugt nur dann sinnvolle Ergebnisse, wenn die erwarteten Häufigkeiten gleich fünf sind (Bortz und Schuster 2010; Rasch et al. 2014b).

7.4 Cochran-Test

Der Cochran-Test kann als Erweiterung des McNemar-Tests verstanden werden. Der Cochran-Test überprüft, ob sich die in einer Stichprobe angetroffene Häufigkeitsverteilung eines alternativen Merkmals bei k Wiederholungsuntersuchungen signifikant geändert hat. Dieser Test überprüft die Nullhypothese, „dass sich die Verteilung der Merkmalsalternativen in der Population, aus der die Stichprobe entnommen wurde, während mehrerer, zeitlich aufeinander folgender Untersuchungen nicht verändert." (Bortz und Schuster 2010, S. 148).

7.5 Fishers exakter Test

Der Fisher-Yates-Test, der auch als Fischers exakter Test, exakter Test nach Fisher oder als exakter Chi^2-Test bezeichnet wird, ist ein Signifikanztest auf Unabhängigkeit in Kreuztabellen.

Der Fisher-Yates-Test kann dann eingesetzt werden, wenn in zwei Stichproben ein Merkmal erhoben wird, das in zwei Formen vorliegt, z. B. das Item wurde genannt bzw. das Item wurde nicht genannt. Die Häufigkeiten der Ausprägung des Merkmals können in einer Kreuztabelle dargestellt werden. Mithilfe des Tests wird überprüft, ob sich der Anteil der einen Form des Merkmals in einer Stichprobe von dem Anteil derselben Form des Merkmals in der anderen Stichprobe unterscheidet (Bortz und Lienert 1998). Ursprünglich entwickelt wurde der Test für 2x2 Kreuztabellen, die zwei Merkmale darstellen, die in je zwei Ausprägungen vorliegen können. Der Einsatz für größere Kreuztabellen ist möglich, aber auf Grund des größeren rechnerischen Aufwands wenig sinnvoll, da für größere Stichproben und die damit verbundenen größeren erwarteten Wahrscheinlichkeiten größer gleich fünf der Chi^2-Test zuverlässige Resultate liefert. Der exakte Test nach Fisher wird daher bevorzugt bei kleinen Stichproben und erwarteten Wahrscheinlichkeiten kleiner als fünf eingesetzt, da er im Gegensatz zum Chi^2-Test auch unter diesen Bedingungen zuverlässige Resultate produziert (Field 2009). Er zählt zu den nichtparametrischen Verfahren. Für die sinnvolle Auswertung des Testergebnisses muss ein Signifikanzniveau festgelegt werden.

8 Literaturverzeichnis

Abels, H. (2010). *Interaktion, Identität, Präsentation*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften/Springer.

Altrichter, H. (2006). "Forschende Lehrerbildung. Begründungen und Konsequenzen des Aktionsforschungsansatzes für die Erstausbildung von LehrerInnen", in A. Obolenski und H. Meyer (Hrsg.), *Forschendes Lernen Theorie und Praxis einer professionellen LehrerInnenausbildung*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum Oldenburg, S. 57-72.

Altrichter, H. und Posch, P. (1998). *Lehrer erforschen ihren Unterricht*, Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Anderson, T. und Shattuck, J. (2012). "Desing-based research: A decade of progress in education research?" *Educational Researcher*, 41(1), S. 16-25.

Antons, K. (2011). *Praxis der Gruppendynamik*, Göttingen: Hofgrefe Verlag.

Arens, B., Blotzheim, D., Koch-Priewe, B., Roters, B., Scheider, R., Thiele, J. und Wildt, J. (2009). "Forschendes Lernen im Theorie-Praxis-Modul der TU Dortmund", in B. Roters, R. Schneider, B. Koch-Priewe, J. Thiele und J. Wildt (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Lehramtsstudium*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 107-125.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology. A Cognitive View*, New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. und Weiber, R. (2011). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*, Berlin, Heidelberg: Springer.

Badley, G. (2002). "A really useful link between teaching and research." *Teaching in Higher Education*, 7(4), S. 443-455.

Baltruschat, A. (2014). "Unterricht als videografische Konstruktion ", in R. Bahnsack, B. Fritzsche und M. Wagner-Willi (Hrsg.), *Dokumentarische Video- und Filminterpretation*. Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich, S. 269-294.

Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik - Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*, Berlin, Heidelberg: Springer.

Barke, H.-D., Engida, T. und Yitrabek, S. (2009). "Concept Cartoons." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 58(8), S. 44-49.

Barke, H.-D. und Harsch, G. (2011). *Chemiedidaktik kompakt*, Berlin, Heidelber: Springer.

Barke, H.-D., Harsch, G., Marohn, A. und Krees, S. (2015). *Chemiedidaktik kompakt*: Springer Spektrum.

Barnett, R. (2000). "University knowlegde in an age of supercomplexity." *Higher education* 40(4), S. 409-422.

Behrendt, H. und Reiska, P. (2001). "Abwechslung im Naturwissenschaftsunterricht mit Concept Mapping." *PLUS LUCIS*, 1, S. 9-12.

Behrens, M. (1997). "Das Portfolio zwischen formativer und summativer Bewertung." *Beiträge zur Lehrerbildung*, 15(2), 176-184.

Bender, R., Lange, S. und Ziegler, A. (2007). "Multiples Testen." *Deutsche medizinische Wochenschrift*, 132, e26-e29.

Ben-Zvi, R., Eylon, B.-S. und Silberstein, J. (1987). "Students´ visualisation of a chemical reaction." *Education in chemistry*, S.117-120.

Berger, P. L. und Luckmann, T. (1969). *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit.* Frankfurt a. M.

Bergerhoff, F. (1996). "Erneut: Schülervorstellungen zur Verbrennung im Chemieunterricht." *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 49(1), S. 33-36.

Bleichroth, W. (1991). "Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung." *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 2(6), S. 4-11.

Blom, H. (2000). *Der Dozent als Coach*, Neuwied, Kriftel: Luchterhand.

Bloom, B. S. (1974). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*, Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Boelhauve, U. (2009). "Forschendes Lernen im Rahmen von Praxisstudien im erziehungswissenschaftlichen Studium der Lehramtsausbildung an der RWTH Aachen", in B. Roters, R. Schneider, B. Koch-Priewe, J. Thiele und J. Wildt (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Lehramtsstudium*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 37-62.

Born, R., Kuster, H., Flückiger, V. und Füglister, P. (1983). "Teilnehmendes Lehren - Mitgestaltendes Lernen", in Leo Montada, Kurt Reusser und G. Steiner (Hrsg.), *Kognition und Handeln*. Stuttgart: Klett-Cotta, S. 240-252.

Bortz, J. und Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*, Heidelberg: Springer.

Bortz, J. und Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation*, Heidelberg: Springer.

Bortz, J. und Lienert, G. A. (1998). *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung*, Berlin: Springer.

Bortz, J. und Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*, Berlin: Springer-Verlag.

Bos, W. (1989). "Reliabilität und Validität in der Inhaltsanalyse. Ein Beispiel zur Kategorienoptimierung in der Analyse chinesicher Textbücher für den muttersprachlichen Unterricht von Auslandschinesen", in W. Bos und C. Tarnai (Hrsg.), *Angewandte Inhaltsanalyse in Empirischer Pädagogik und Psychologie*. Münster, New York: Waxmann, S. 61-72.

Bovet, G. und Huwendiek. (2014). "Leitfaden Schulpraxis". Cormelsen: Berlin.

Brown, A. L. (1992). "Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings." *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), S. 141-178.

Brüggemann, A. und Bromme, R. (2006). "Entwicklung und Bewertung von anwendungs-orientierter Grundlagenforschung in der Psychologie", D. Forschungsgemeinschaft (Hrsg.). Akademie Verlag GmbH: Berlin.

Brüning, L. und Saum, T. (2009a). *Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen 1*, Essen: Neue Deutsche Schule Verlagsgesellschaft mbH.

Brüning, L. und Saum, T. (2009b). *Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen 2*, Essen: Neue Deutsche Schule Verlagsgesellschaft mbH.

Brüning, L. und Saum, T. (2009c). *Erfolgreich unterrichten durch Visualisieren*, Essen: Neue Deutsche Schule Verlagsgesellschaft mbH.

Brunner, E. (2001). *Forschendes Lernen - Eine begabungsfördernde Unterrichtskonzeption* - Lehrmittelverlag des Kantons Thurgau.

Brunner, I., Krimplstätter, A. und Kummer, A. (2006). "Mit Portfolios Lernfortschritte belegen und Qualitätsempfinden entwickeln", in I. Brunner, T. Häcker und F. Winter (Hrsg.), *Das Handbuch Portfolioarbeit*. Seelze-Velber: Kallmeyer bei Friedrich, S. 179-186.

Buck, P. (1994). "Die Teilchenvorstellung - ein Unmodell." *Chemie in der Schule*, 41(11), S. 412-416.

Bundesassistentenkonferenz. (1970). *Forschendes Lernen - Wissenschaftliches Prüfen*, Bonn: Bundesassistentenkonferenz (BAK).

Chi, M. und Roscoe, R. D. (2001). *The process and challenges of conceptual change: lntegrating theory and practice*, Amsterdam: Kluwer Academic Publishers.

Chi, M., Slotta, J. D. und de Leeuw, N. (1994). "From things to processes: A theory of Conceptual Change for learning science concepts " *Learning and Instruction*, 4, S. 27-43.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. und Schauble, L. (2003). "Design Experiments in Educational Research." *Educational Researcher*, 32(1), S. 9-13.

Collins, A. (1990). *Toward a Design Science of Education. Technical Report No. 1*. Center of Technology in Education, New York, NY.

Collins, A. (1992). "Toward a Design Science of Education", in E. Scanlon und T. O´Shea (Hrsg.), *New Directions in Educational Technology*. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest: Springer, S. 15-22.

Collins, A., Joseph, D. und Bielaczyc, K. (2004). "Desing-Research: Theoretical and Methodical Issues." *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), S. 15-42.

Cronbach, L. J. (1957). "Beyond the two disciplines of scientific psychology." American Psychologist, 30(2), 116-127.

Dann, H.-D. (1989). "Subjektive Theorien als Basis erfolgreichen Handelns von Lehrkräften." *Beiträge zur Lehrerbildung*, 2, S. 247-254.

Dann, H.-D. (1994). "Pädagogisches Verstehen: Subjektive Theorien und erfolgreiches Handeln von Lehrkräften", in K. Reusser und M. Reusser-Weyeneth (Hrsg.), *Verstehen: Psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe*. Bem, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag Hans Huber, S. 163-182.

Dede, C. (2004). "If Design-Based Research is the Answer, What is the Question?" *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), S. 105-114.

Dede, C. (2005). "Why Design-Based Research is Both Important and Difficult." *Educational Technology*, 45(1), S. 5-8.

Design-Based Research Collective (2003). "Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry." *Educational Researcher*, 32(1), S. 5-8.

Didaktik der Chemie Universität Bayreuth und Wagner, W. (2011). "Sammlung von Schüler(fehl)vorstellungen". http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/s_-didaktik/fehlvorstellungen/06_schuelervorstellungen.htm#11 (zuletzt aufgerufen: 10.12.2017)

Didion, D. und Wiemer, M. (2009). "Forschendes Lernen als interdisziplinäres Element im Studium Fundamentale." *Journal Hochschuldidaktik*, 20(2), S. 7-9.

Dinkelaker, J. und Herrle, M. (2009). *Erziehungswissenschaftliche Videographie*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Dittmer, M. (2011). "Fehlvorstellungen im forschend-entwickelnden Unterrichtsgang nutzen." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), S. 32-34.

Dorlöchter, H., Krüger, U. und Wiebusch, D. (2013). "Videografie in der Lehrer (aus)bildung - Ein orientierender Überblick." *Seminar*, 2, S. 6-8.

Dorlöchter, H., Krüger, U., Stiller, E. und Wiebusch, D. (2004). "Unterricht im Diskurs." *SEMINAR*, 4, S. 127-142.

Dorlöchter, H., Krüger, U., Stiller, E. und Wiebusch, D. (2006). "Zwischen Standards und individueller Könnerschaft - videogestützte Kompetenzentwicklung in der Lehrerausbildung." *SEMINAR*, 4, S. 23-38.

Dorlöchter, H., Krüger, U., Stiller, E. und Wiebusch, D. (2008). "Zwischen Standards und individueller Könnerschaft – videogestützte Kompetenzentwicklung in der Lehrerausbildung." *Der berufliche Bildungsweg*, 8.

Driver, R., Guesne, E. und Tiberghien, A. (1985). "Children´s Ideas in Science". Open University Press: Berkshire.

Dubs, R. (1995). "Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung." *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), S. 889-903.

Duit, R. (1995). "Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweisen in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung." *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), S. 905-923.

Duit, R. (1999). "Conceptual Change Approaches in Science Education", in W. Schnotz, Vosniadou, S. , Carretero, M. (Hrsg.), *New Perspectives on Conceptual Change*. Oxford, UK: Pergamon, S. 263-282.

Duit, R. und Treagust, D. F. (2003). "Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning." *International Journal of Science Education*, 25(6), S. 671-688.

Egbers, M. (2017). "Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice2learn", A. Marohn (Hrsg.) *Lernen in Naturwissenschaften.* Logos Verlag: Berlin.

Eilks, I. und Ralle, B. (2002). "Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung." *Chemie konkret*, 9(1), S. 13-18.

Elbow, P. und Belanoff, P. (1986). "Portfolios as a substitute for proficiency examination." *College composition and Communication*, 37(3), S. 336-339.

Elliott, J. (1981). "Action-research: A framework for self-evaluation in schools" *TIQL-Working Paper No. 1*. Institute of Education: Cambridge.

Elliott, J. (1991). *Action research for educational change*, Buckingham: Open University Press.

Fichten, W. (2010). "Forschendes Lernen in der Lehrerbildung", in U. Eberhardt (Hrsg.), *Neue Impulse in der Hochschuldidaktik*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 127-182.

Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS*: SAGE Publications Ltd.

Fischer, F., Waibel, M. und Wecker, C. (2005). "Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich." *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8(3), S. 427-442.

Fischer, S. K. (2014). *Konstruktvalidierung von Diagnoseaufgaben zur Erfassung vorunterrichtlicher Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung und Vererbung*, Justus-Liebig Universität Gießen, Gießen.

Früh, W. (2007). *Inhaltsanalyse*, Konstanz UVK Verlagsgesellschaft mbH.

Fussangel, K. (2008). *Subjektive Theorien von Lehrkräften zur Kooperation* Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal.

Gabel, D. (1999). "Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future." *Journal of chemical education*, 76(4), S. 548-554.

Gebhardt, U. (2013). *Kind und Natur*, Wiesbaden: Springer VS.

Geißler, K. A. (1985). "Pädagogisch-psychologische Grundlagen für das Lernen in Gruppen". Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität : Tübingen.

Gerstenmaier, J. und Mandl, H. (1995). "Wissenserwerb unter konstruktiver Perspektive." *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), S. 867-888.

Gerstenmaier, J. und Mandl, H. (2000). *Konstruktivistische Ansätze in der Psychologie*, Ludwig-Maximilians-Universität München, München.

"Gesetz über die Ausbildung für Lehrämter an öffentlichen Schulen (Lehrerausbildungsgesetz - LABG)" (2009a) . Ritterbach Verlag.

Gess, C., Rueß, J. und Deicke, W. (2014). "Design-Based Research als Ansatz zur Verbesserung der Lehre an Hochschulen - Einführung und Praxisbeispiel." *Zeitschrift für Qualitätsentwicklung in Forschung, Studium und Administration*, 8(1), S. 10-16.

Gilbert, J. K., Justi, R., van Driel, J. H., de Jong, O. und Treagust, D. F. (2004). "Securing a future for chemical education." *Chemistry education: research and practice*, 5(1), S. 5-14.

Gläser, J. und Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Gläser-Zikuda, M. (2008). "Qualitative Inhaltsanalyse in der Lernstrategie- und Lernemotionsforschung ", in P. Mayring und M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 63-83.

Gravemeijer, K. und Cobb, P. (2006). "Design research from learning design perspective", in J. van den Akker, K. Gravemeijers, S. McKenney und N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design Research*. London, New York Routledge, S. 17-51.

Groeben, N. und Scheele, B. (2010). "Das Forschungsprogramm Subjektive Theorien", in G. Mey und K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 151-165.

Groeben, N. Wahl, D., Schlee, J. und Scheele, B. (1988). "Das Forschungsprogramm Subjektive Theorien: eine Einführung in die Psychologie des reflektierten Subjekts". Francke: Tübingen.

Grotlüschen, A. (2005). "Konsequenzen aus subjektorientierter Forschung: Fragen an eine medien- und erwachsenen-didaktische Anordnung." *REPORT*, 28(1), S. 81-87.

Gunstone, R. F. (1988). "Learners in Science Education", in P. J. Fensham (Hrsg.), *Development and Dilemmas in Science Education*. London: Falmer Press, S. 73-95.

Guskey, T. R. (1986). "Staff Development and the Process of Teacher Change." *Educational Researcher*, 15, S. 5-12.

Habelitz-Tkotz, W. (2012). "Wasser - lebensspendendes Element " *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 23(128), S. 28-32.

Häcker, T. (2006a). "Vielfalt der Portfoliobegriffe", in I. Brunner, T. Häcker und F. Winter (Hrsg.), *Das Handbuch Portfolioarbeit*. Seelze-Velber: Kallmeyer bei Friedrich, S. 33-39.

Häcker, T. (2006b). "Wurzeln der Portfolioarbeit", in I. Brunner, T. Häcker und F. Winter (Hrsg.), *Das Handbuch Portfolioarbeit*. Seelze-Velber: Kallmeyer bei Friedrich, S. 27-32.

Hänze, M. und Jurkowski, S. (2011). "Diagnostizieren in Lern- und Prüfungssituationen." *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 22(124/125), S. 2-4.

Harsch, G., Heimann, R., Benmokhtar, S. und Wagner, A. (2014). "Das START-Konzept im Anfangsunterricht", H. Schmidkunz (Hrsg.) *Unterricht Sek. I Chemie*. Aulis Verlag: Köln.

Hascher, T. und Schratz, M. (2001). "Portfolios in der LehrerInnenbildung." *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 1(4), S. 4-7.

Haupt, P. (1981). "Schülervorstellungen zur Verbrennung." *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 29(9), S. 347-350.

Haupt, P. (1996). "Verwendung von Strukturmodellen - als Beispiel zur Elementarisierung und didaktischen Reduktion." *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 7(34), S. 9-13.

Heinecke, C. (1997a). "Lernen im Chemieunterricht als Vorstellungswechsel." *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 50(6), S. 330-335.

Heinecke, C. (1997b). "Schülervorstellungen über chemische Vorgänge - Ausgangspunkt der Lernstrategie." *Chemie in der Schule*, 44(5), S. 184-189.

Heritage, M. (2007). "Formative Assessment: What Do Teachers Need to Know and Do?" *Phi Delta Kappan*, 89(2), S. 140-145.

Herrmann, U. (2005). ""Die Einheit von Forschung und Lehre" - universitäres Gründungsmotiv und Qualitätsgarantie." *Das Hochschulwesen*, 53(1), S. 2-8.

Hesse, I. (2014). "Pädgogisch-psychologische Diagnostik für Lehrkräfte", in A. Fischer, C. Hößle, S. Jahnke-Klein, H. Kiper, M. Komorek, J. Michaelis, V. Niesel und J. Sjuts (Hrsg.), *Diagnostik für lernwirksamen Unterricht*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 15-39.

Hesse, I. und Latzko, B. (2012). "Pädagogisch-psychologische Diagnostik", in U. Sandfuchs, W. Melzer, B. Dühlmeier und A. Rausch (Hrsg.), *Handbuch Erziehung* Stuttgart: UTB, S. 620-626.

Hesse, I. und Latzko, B. (2013). "Pädagogisch-psychologische Diagnostik", in T. Bohl und S. Meisner (Hrsg.), *Expertise Gemeinschaftsschule*. Weinheim: Beltz, S. 211-226.

Hilbing, C. und Barke, H.-D. (2004). "Ionen und Ionenbindung: Fehlvorstellungen hausgemacht!" *Chemie konkret*, 11(3), S. 115-120.

Hollingsworth, S. (1989). "Prior Beliefs and Cognitive Change in Learning to Teach." *American Educational Research Journal*, 26(2), S. 160-189.

Huber, L. (1998). "Forschendes Lehren und Lernen - eine aktuelle Notwendigkeit." *Das Hochschulwesen*, 46(1), S. 3-11.

Huber, L. (2009). "Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist", in L. Huber, J. Hellmer und F. Schneider (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen*. Bielefeld: Universitäts Verlag Weber, S. 9-35.

Huwendiek, V. (2014). "Unterrichtsmethoden", in G. Bovet und V. Huwendiek (Hrsg.), *Leitfaden Schulpraxis*. Berlin: Cormelsen, S. 69-106.

Ingenkamp, K. und Lissmann, U. (2005). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik*, Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Jervis, K. (2006). "Standards: Wie kommt man dazu?", in I. Brunner, T. Häcker und F. Winter (Hrsg.), *Das Handbuch Portfolioarbeit*. Seelze-Velber: Kallmeyer bei Friedrich, S. 46-52.

Johannsmeyer, F., Schneider, J. und Oetken, M. (2003). "Schülervorstellungen zum Boyle-Versuch." *Chemie konkret*, 10(2), S. 73-74.

Jung, W. (1981). "Lebensweltliche und wissenschaftliche Vorstellungen", in R. Duit, W. Jung und H. Pfundt (Hrsg.), *Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. Köln: Aulis Verlag Deubner, S. 64-84.

Jung, W. (1986). "Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie." *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 34(13), S. 2-6.

Jung, W. und Wiesner, H. (1981). "Verständnisschwierigkeiten beim physikalischen Kraftbegriff. Eine Untersuchung zum Kraftbegriff bei Physikstudenten." *Physik und Didaktik*, 2, S. 111-122.

Jürgensen, F. (2009). "Didaktische Vereinfachung", in E. Rossa (Hrsg.), *Chemiedidaktik. Praxisbuch für die Skundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen, S. 92-111.

Juuti, K. und Lavonen, J. (2006). "Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodogy." *Nordic Studies in Science Education*, 4, S. 54-68.

Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs*, New York: Norton.

Kelly, G. A. (1963). *A theory of personality. A psychology of personal constructs*, New York, London: Norton & Company.

Kelly, G. A. (1986). *Die Psychologie der persönlichen Konstrukte*, Paderborn: Junfermann-Verlag.

Keogh, B. und Naylor, S. (1999). "Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation." *International Journal of Science Education*, 21(4), S. 431-446.

Keuffer, J. (2010). "Videofeedback - Ein Konzept für die Lehrerbildung mit Zukunft", in M. Trautmann und J. Sacher (Hrsg.), *Unterrichtsentwicklung durch Videofeedback. Besser kommunizieren lernen*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 187-200.

Kienast, S. (1999). *Schwierigkeiten von Schülern bei der Anwendung der Gleichgewichtsvorstellung in der Chemie*, Dissertation, Universität Dortmund, Dortmund.

Kikas, E. (2004). "Teachers' Conceptions and Misconceptions Concerning Three Natural Phenomena." *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), S. 432-448.

Kind, V. (2004). "Beyond Appearances: Students´ misconceptions about basic chemical ideas", S. 1-84.

Kleickmann, T., Hardy, I., Jonen, A., Blumberg, E. und Möller, K. (2007). "Learning environments in primary school science", in M. Prenzel (Hrsg.), *Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme*. Münster: Waxmann, S. 137-156.

Klein, K. und Oettinger, U. (2000). *Konstruktivismus. Die neue Perspektive im (Sach-)Unterricht*, Hohengehren: Schneider VerlagHohengehren GmbH.

Knorr-Cetina, K. (1989). "Spielarten des Konstruktivismus: Einige Notizen und Anmerkungen." *Soziale Welt*, 40(1/2), S. 86-96.

König, A. und Reiners, C. S. (2003). "Synopse von Vorstellungen und Misconceptions in Bezug auf die chemische Bindung." *Praxis der Naturwissenschaften. Chemie in der Schule*, 2(52), S. 19-25.

Kraler, C. (2007). "Portfolioarbeit in der LehrerInnenbildung. Eine Standortbestimmung" *Erziehung und Unterricht*, 157(5-6), S. 441-448.

Krammer, K. und Reusser, K. (2005). "Unterrichtsvideos als Medium der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen." *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23, S. 35-50.

Krofta, H., Fandrich, J. und Nordmeier, V. (2013). "Fördern Praxisseminare im Schülerlabor das Professionswissen und einen reflexiven Habitus bei Lehramtsstudierenden?"*Frühjahrstagung Didktik der Physik*. Jena.

Krüger, D. (2007). "Die Conceptual Change-Theorie", in D. Krüger und H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin: Springer S. 81-92.

Krüger, M. (2010). *Das Lernszenario VideoLern: Selbstgesteuertes und kooperatives Lernen mit Vorlesungsaufzeichnungen*, Universität der Bundeswehr München

Kultusministerkonferenz. (2008). "Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung".

Lewin, K. (1953). *Die Lösung sozialer Konflikte: ausgewählte Abhandlungen über Gruppendynamik*, Bad Naunheim: Christian-Verlag.

Linn, M. C., Eylon, B.-S. und Songer, N. B. (1996). "Shifts and Convergencies in Science Learning and Instruction", in D. C. Berliner und R. C. Calfee (Hrsg.), *Handbook of educational psychology*. New York: Routledge.

Lipowsky, F. (2011). "Investitionen in Fortbildung sind Investitionen in die Zukunft." *Bildung Bewegt*, 13, S. 11-14.

Lombardi, J. (2008). "To portfolio or not to portfolio - helpful or hyped?" *College teaching*, 56(1), S. 7-10.

Lück, G. (2008). "Einsame Elektronenpaare - Animismen im Chemieunterricht". Südwestrundfunk.

Lüthjohann, F. und Parchmann, I. (2011). "Konzeptverständnis ermitteln." *Unterricht Chemie*, 22(124/125), S. 76-81.

Maichle, U. (1981). "Beiträge der kognitiven Psychologie zur Analyse von Vorstellungen", in R. Duit, W. Jung und H. Pfundt (Hrsg.), *Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. Köln: Aulis Verlag Deubner, S. 24-63.

Mandl, H., Gruber, H. und Renkl, A. (1993). "Das träge Wissen." *Psychologie heute*, September, S. 64-69.

Mannß, S., Möllering, J. und Zabel, J. (2005). "Chemie sinngebend verstehen: Können Narrationen und Subjektivität das Verständnis fachlicher Inhalte fördern? Ergebnisse einer Unterrichtsstudie zum Thema >>Massenerhalt<<." *Chimica didactica*, 31(96), S. 61-112.

Marohn, A. (1999). *Falschvorstellungen von Schülern in der Elektrochemie - eine empirische Untersuchung*, Dissertation, Universität Dortmund, Dortmund.

Marohn, A. (2008a). "„Choice2learn“ - eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht " *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, S. 57-83.

Marohn, A. (2008b). "Ionenbildung durch Strom?" *Chemie konkret*, 15(2), S. 75-84.

Marohn, A. (2008c). "Merksätze, Eselsbrücken und Vereinfachungen - Eine kritische Betrachtung." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 57(3), S. 46-49.

Marohn, A. (2008d). "Schülervorstellungen zum Lösen und Sieden." *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 61(8), S. 451-457.

Marohn, A. (2009). "„Choice2learn“- Schülervorstellungen individuell erkennen und verändern." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 58(8), S. 25-29.

Marohn, A. (2012a). "“Schülervorstellungen zu Salzlösungen. Choice2learn - Diagnose und Veränderung“ ", in H. Wambach und J. Wambach-Laicher (Hrsg.), *Individualisieren und Aktivieren im Chemieunterricht SII Band 1*. Köln: Aulis, S. 56-65.

Marohn, A. (2012b). "“Wie ‚kommt’ der Strom durch die Lösung? Choice2learn - Diagnose und Veränderung“", in H. Wambach und J. Wambach-Laicher (Hrsg.), *Individualisieren und Aktivieren im Chemieunterricht SII Band 1*. Köln: Aulis, S. 83-93.

Marohn, A. und Egbers, M. (2011). "Vorstellungen verändern." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), S. 5-9.

Marohn, A. und Rohrbach, F. (2013). "Professionalisierung in der Lehrerausbildung. Entwicklung und Evaluation eines am Forschenden Lernen orientierten Seminars zum Thema Schülervorstellungen im Chemieunterricht." *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 38(105), S. 21-46.

Marohn, A. und Schmidt, H.-J. (2003). "Mehrfachwahlaufgaben als Instrument zur Erforschung von Schülervorstellungen. ." *Chimica didactica*, 29(91), S. 38-51.

Marohn, A. und Schmidt, H.-J. (2004). "Was bewegt sich hier?- Schülervorstellungen zum Ladungstransport in elektrochemischen Zellen." *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57(2), S. 86-91.

Marturana, H. R. und Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge*, Boston: Shambhala Publications.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*, Weinheim, Basel: Beltz.

McKenney, S. und Reeves, T. C. (2012). *Conducting Educational Design Research* London, New York: Routledge.

Mehring, L. (2009). *Subjektive Theorien von Lehrenden zu erlebten Konflikten im Unterricht und der Umgang damit* Bochum: Universitätsverlag Dr. N. Brockmeyer.

Millar, R. (1989). "Constructive critcism." *International Journal of Science Education*, 11(5), S. 587-596.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. "Kerncurriculum für die Ausbildung im Vorbereitungsdienst für Lehrämter in den Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung und in den Ausbildungsschulen".

Mittelsten Scheid, N. und Hößle, C. (2008). "Wie Schüler unter Verwendung syllogistischer Elemente argumentieren. Eine empirische Studie zu Niveaus von Argumentation im naturwissenschaftlichen Unterricht." *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, S. 145-165.

Morrison, J. A. und Lederman, N. G. (2003). "Science Teachers' Diagnosis and Understanding of Students' Preconceptions." *Science Education*, 87(6), S. 849-867.

Müller, C. T. (2003). *Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht*, Berlin: Logos Verlag.

Münsterberg, H. (1899). *Psychology and Life*: Houghton Mifflin.

Nakhleh, M. B. (1992). "Why Some Students don´t Learn Chemistry." *Journal of chemical education*, 69(3), S. 191-196.

Nias, J. und Groundwater-Smith, S. (1988). *The enquiring teacher. Supporting and sustaining teacher research* London, New York, Philadelphia: The Falmer Press.

Niemi, H. (2008). "Research-based teacher education for teachers´ lifelong learning." *Lifelong learning in Europe*(1), S. 61-69.

Niggli, A. (2001). "Portfolios und der Theorie-Praxis-Bezug im Umgang mit Ausbildungsstandards." *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 1(4), S. 26-33.

Noffke, S. (1994). "Action Research: towards the next generation." *Educational Action Research*, 2(1), S. 9-21.

Paulson, F. L., Paulson, P. R. und Meyer, C. A. (1991). "What Makes a Portfolio a Portfolio? ." *Educational Leadership*, 48(5), S. 60-63.

Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*, Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

Petermann, K., Friedrich, J., Barke, H.-D. und Oetken, M. (2011). "Säure-Base-Reaktionen." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), S. 41-43.

Petermann, K., Friedrich, J. und Oetken, M. (2008). ""Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren" " *Chemie konkret*, 15(3), S. 110-118.

Petermann, K., Friedrich, J. und Oetken, M. (2009a). "„Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren“ am Beispiel einer Unterrichtseinheit zur Einführung des Kugelteilchenmodells; (Online-Ergänzung 1 zum Beitrag: „Schwierigkeiten auf dem Weg ins Diskontinuum – Eine an Schülervor-stellungen orientierte Unterrichtseinheit zur Einführung des Kugelteilchen-modells“)."

Petermann, K., Friedrich, J. und Oetken, M. (2009b). "Schwierigkeiten auf dem Weg ins Diskontinuum." *Praxis der Naturwissenschaften. Chemie*, 58(7), S. 22-30.

Petermann, K., Friedrich, J. und Oetken, M. (2009c). "Test zur Diagnose von Schülervorstellungen zum Teilchenkonzept." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 58(7), S. 41-43.

Petermann, K., Friedrich, J. und Oetken, M. (2010). "Diagnosetest zur Erhebung von Schülervorstellungen zum Themenfeld "Massenerhalt bei chemischen Reaktionen"." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 59(4), S. 34-37.

Petko, D. und Reusser, K. (2005). "Praxisorientiertes E-Learning mit Video gestalten", in A. Hohenstein und K. Wilbers (Hrsg.) *Handbuch E-Learning*. Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst, S. 1-21.

Pfeifer, P., Lutz, B. und Bader, H. J. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*, München: Oldenbourg.

Pintrich, P. R., Marx, R. W. und Boyle, R. A. (1993). "Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change." *Rewiew of Educational Research*, 63(2), S. 167-199.

Plehn, M. (2012). "Das "problematische" Erbsen-Senfkörner-Modell." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 61(5), S. 36-40.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. und Gertzog, W. A. (1982). "Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptional Change." *Science Education*, 66(2), S. 211-227.

Prediger, S. und Link, M. (2012). "Fachdidaktische Entwicklungsforschung - ein lernprozessfokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche", in H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer und H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate Fachdidaktischer Forschung*. Münster: Waxmann Verlag, S. 29-46.

Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Thiele, J. und Ralle, B. (2012). "Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen - Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell." *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(8), S. 452-457.

Püttschneider, M. und Lück, G. (2004). "Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte." *Chemie konkret*, 11(4), S. 167-174.

Ralle, B. und Di Fuccia, D.-S. (2014). "Aktionsforschung als Teil fachdidaktischer Entwicklungsforschung", in D. Krüger, I. Parchmann und H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 43-55.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. und Naumann, E. (2014a). *Quantitative Methoden 1. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*, Berlin: Springer-Verlag.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. und Naumann, E. (2014b). *Quantitative Methoden 2. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*, Berlin: Springer-Verlag.

Reeves, T. (2000). "Enhancing the Worth of Instructional Technology Research through "Design Experiments" and Other Development Research Strategies" *"International Perspectives on Instructional Technology Research for the 21st Century," a Symposium sponsored by SIG/Instructional Technology at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*. New Orleans, USA.

Rehm, M. und Sieve, B. (2012). "Der Elementbegriff als Teekesselschen." *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 23(128), S. 24-27.

Reiber, K. (2007). "Grundlegung: Forschendes Lernen als Leitprinzip zeitgemäßer Hochschulbildung", in K. Reiber (Hrsg.) *Forschendes Lernen als hochschuldidaktisches Prinzip - Grundlegung und Beispiele*. Tübingen: Eberhard Karls Universität Tübingen, S. 5-12.

Reiners, C. S. und Struve, H. (2011). "Gleichungen." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), S. 35-40.

Reinmann, G. (2005). "Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung." *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), S. 52-69.

Reinmann, G. (2007). "Innovationskrise in der Bildungsforschung: Von Interessenkämpfen und ungenutzten Chancen einer Hard-to-do-Science", in G. Reinmann und J. Kahlert (Hrsg.), *Der Nutzen wird vertagt… Bildungswissenschaften im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Profilbildung und praktischem Mehrwert*. Lengerich: Pabst, S. 198-220.

Reinmann, G. (2013). "Reader zum Thema entwicklungsorientierte Bildungsforschung (DBR)."

Reinmann, G. und Kahlert, J. (2007). "Der Nutzen wird vertagt...". Pabst Science Publishers: Lengerich,.

Reinmann, G. und Sesink, W. (2011). "Entwicklungsorientiert Bildungsforschung". Leipzig.

Reinmann-Rothmeier, G. und Mandl, H. (2001). "Unterrichten und Lernumgebungen gestalten", in A. Krapp und B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 613-658.

Reinmann-Rothmeier, G. und Mandl, H. (2006). "Unterrichten und Lernumgebungen gestalten", in A. Krapp und B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 613-658.

Reusser, K. (2005). "Situiertes Lernen mit Unterrichtsvideos." *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 2, S. 8-18.

Richardson, V. (1996). "The Role of Attitudes and Beliefs Learning to Teach", in J. Sikula (Hrsg.), *Handbook of research on teacher education*. New York: Macmillan, S. 102-119.

Riemeier, T. (2007). "Moderater Konstruktivismus", in D. Krüger und H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 69-79.

Rohrbach, F., und Marohn, A. (2016). "Schülervorstellungen: Forschend *verstehen und handeln* Lernen", in C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik.* Regensburg: Universität Regensburg, S. 334-336.

Rohrbach-Lochner, F. und Marohn, A. (2018). "How research-based learning can increase teacher students' knowledge and abilities: a design-based research project in the context of pupils' (mis)conceptions in science." *Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 1, 35-50.

Roloff, S. (2012). "Schriftliche Prüfungen stellen und auswerten - methodisch, effektiv, objektiv ". Karlsruhe.

Rudduck, J. und Hopkins, D. (1985). "Research as a basis for teaching". Heinemann Educational Books: London, Portsmouth (NH).

Sager, N. und Ralle, B. (2011). "Wissensstrukturen erkennen." *Unterricht Chemie*, 22(124/125), S. 63-67.

Schmidkunz, H. (2011). "Versuche richtig aufbauen. Schülerzeichnungen als Diagnoseinstrument." *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 22(124/125), S. 43-47.

Schmidt, H.-J. (1991). "A label as a hidden persuader: chemists´neutralisation concept." *International Journal of Science Education*, 13(4), S. 459-471.

Schmidt, H.-J. (1992). *Harte Nüsse im Chemieunterricht*, Frankfurt am Main: Diesterweg.

Schmidt, H.-J. (1994a). "Der Oxidationsbegriff in Wissenschaft und Unterricht." *Chemie in der Schule*, 41(1), S. 6-10.

Schmidt, H.-J. (1994b). "Stolpersteine beim Verstehen chemischer Grundlagen." *Chemie konkret*, 1(4), S. 189-192.

Schmidt, H.-J., Marohn, A. und Harrison, A. G. (2007). "Factors that prevent learning in electrochemistry." *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), S. 258-283.

Schmidt, S. und Parchmann, I. (2011). "Schülervorstellungen - Lernhürde oder Lernchance?" *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), S. 15-20.

Schneider, R. (2009). "Kompetenzentwicklung durch Forschendes Lernen?" *Journal Hochschuldidaktik*, 20(2), S. 33-37.

Schneider, R. und Wildt, J. (2009). "Forschendes Lernen in Praxisstudien - Wechsel eines Leitmotivs", in B. Roters, R. Schneider, B. Koch-Priewe, J. Thiele und J. Wildt (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Lehramtsstudium*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 8-36.

Scholl, A. (2009). *Die Befragung*, Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft mbH.

Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L. und Feuer, M. J. (2003). "On the Science of Education Design Studies." *Educational Researcher*, 32(1), S. 25-28.

Sherin, M. G. (2003). *New Perspectives on the Role of Video on Teacher Education*, Published online.

Smith, J. P., diSessa, A. A. und Roschelle, J. (1993). "Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition." *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), S. 115-163.

Stark, R. (2002). "Conceptual Change: kognitivistisch oder kontextualistisch", H. Mandl (Hrsg.) *Forschungsbericht Nr. 149*. Ludwug-Maximilian-Universität: München.

Stark, R. (2003). "Conceptual Change: kognitiv oder situiert?" *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17(2), S. 133-144.

Stavy, R. (1990). "Children´s conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas." *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), S. 247-266.

Steffensky, M., Parchmann, I. und Schmidt, S. (2005). "Alltagsvorstellungen und chemische Erklärungskonzepte: “Die Teilchen saugen das Aroma aus dem Tee”." *Chemie in unserer Zeit*, 39(4), S. 274-278.

Steininger, R. und Lembens, A. (2011). "Concept Cartoons zum Thema Redoxreaktionen." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), S. 26-31.

Stenzel, R. und Eilks, I. (2005). "Gesprächsanlässe schaffen mit Concept Cartoons." *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 54(8), S. 44-47.

Stokes, D. E. (1997). *Pasteurs Quadrant - Basic Science and Technological Innovation*, Washington D.C.: Brookings Institution Press.

Strike, K. A. und Posner, G. J. (1992). "A Revisionist Theory of Conceptual Change", in R. A. Duschl und R. J. Hamilton (Hrsg.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. New York: State University of New York Press, S. 147-175.

Sumfleth, E. (1992). "Schülervorstellungen im Chemieunterricht." *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 45(7), S. 410-414.

Sumfleth, E. und Geisler, A. (2001). "Entwicklung von Schülervorstellungen im Laufe der Schulzeit am Beispiel der Säure-Base-Thematik." *Chimica didactica* 27(86), S. 122 - 157

Sumfleth, E. und Pitton, A. (1998). "Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht: Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag." *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(2), S. 4-20.

Taylor, P. und Fraser, B. (1991). "Development of an instrument for assessing constructivist learning environments. Roundtable at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago."*Roundtable at the annual meeting of the American Educational Research Association*.”: Chicago.

Terhart, E. (1999). "Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik?" *Zeitschrift für Pädagogik*, 45(5), S. 629-647.

Thomas, S. (2010). "Ethnografie", in G. Mey und K. Mruck (Hrsg.) *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 462-474.

Tischler, K. (2002). "Portfolio und Leistungsbeurteilung konkret." *Informationen zur Deutschdidaktik*, 26(1), S. 48-55.

Tobias, V. (2010). *Newton´sche Mechanik im Anfangsunterricht*, Berlin: Logos Verlag.

Uhren, S., Ralle, B. und Di Fuccia, D.-S. (2013). "Zum Umgang von Lehrkräften mit alternativen Schülervorstellungen." *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 38(105), S. 51-67.

van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. und Nieveen, N. (2006a). "Educational Design Research". Routledge: London.

van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. und Nieveen, N. (2006b). "Introducing educational design research", in J. van den Akker, K. Gravemeijers, S. McKenney und N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design Research*. London, New York Routledge, S. 3-7.

"Verordnung über den Zugang zum nordrhein-westfälischen Vorbereitungsdienst für Lehrämter an Schulen und Voraussetzungen bundesweiter Mobilität (Lehramtszugangsverordnung - LZV)" (2009b).

Völker, M. und Trefzger, T. (2010). "Lehr-Lern-Labore zur Stärkung der universitären Lehramtsausbildung" *Frühjahrstagung Didaktik der Physik*. Hannover.

von Foerster, H. (1991). "Das Konstruieren einer Wirklichkeit", in P. Watzlawick (Hrsg.), *Die erfundene Wirklichkeit*. München, Zürich: Piper, S. 39-60.

von Foerster, H. (2012). "Entdecken oder Erfinden. Wie lässt sich Verstehen verstehen? ", in H. von Foerster, E. von Glaserfeld, P. M. Hejl, S. J. Schmidt und P. Watzlawick (Hrsg.), *Einführung in den Konstruktivismus*. München: Piper, S. 41-88.

von Glaserfeld, E. (1991). "Einführung in den radikalen Konstruktivismus", in P. Watzlawick (Hrsg.), *Die erfundene Wirklichkeit*. München, Zürich: Piper, S. 16-38.

von Glaserfeld, E. (2012). "Konstruktion der Wirklichkeit und des Begriffs der Objektivität", in H. von Foerster, E. von Glaserfeld, P. M. Hejl, S. J. Schmidt und P. Watzlawick (Hrsg.), *Einführung in den Konstruktivismus*. München: Piper, S. 9-39.

von Humboldt, W. (1809). "Der Königsberger und der Litauische Schulplan", in A. Flitner und K. Giel (Hrsg.), *Wilhelm von Humbold Werke in fünf Bänden IV*. Stuttgart: J.G. Cotta´sche Buchhandlung, S. 168-195.

von Humboldt, W. (1810). "Über die innere und äußere Organisation der höheren wissenschaftlichen Anstalten in Berlin", in B. Gebhardt (Hrsg.), *Wilhelm von Humboldts Politische Denkschriften*. Berlin: B. Behrs Verlag.

Vosniadou, S. (1994). "Capturing and Modeling the Progress of Conceptual Change." *Learning and Instruction*, 4, S. 45-69.

Vosniadou, S. und Brewer, W. F. (1992). "Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood." *Cognitive Psychology*, 24, S. 535-192.

Vosniadou, S., Christos Ioannides, Dimitrakopoulou, A. und Papademetriou, E. (2001). "Designing learning environments to promote conceptual change in science." *Learning and Instruction*, 11, S. 381-419.

Wade, R. C. und Yarbrough, D. B. (1996). "Portfolios: a tool for reflective thinking in teacher education?" *Teaching & Teacher Education*, 12(1), S. 63-79.

Wagner, J. (1997). "The Unavoidable Intervention of Educational Research: A Framework for Reconsidering Researcher-Practitioner Cooperation " *Educational Researcher*, 26(7), S. 13-22.

Wahl, D. (2001). "Nachhaltige Wege vom Wissen zum Handeln." *Beiträge zur Lehrerbildung*, 19(2), S. 157-174.

Wahl, D. (2006). "Pädagogischer Doppeldecker", in D. Wahl (Hrsg.), *Lernumgebungen erfolgreich gestalten*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 62-67.

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

Wilhelm, T. (2008). "Vorstellungen von Lehrern über Schülervorstellungen", in D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Essen 2007*. Berlin u. a.: Lit, S. 44-46.

Wilhelm, T. und Hopf, M. (2014). "Design-Forschung", in D. Krüger, I. Parchmann und H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 31-42.

Winter, F. (2006a). "Es muss zueinander passen: Lernkultur - Leistungsbewertung - Prüfungen", in I. Brunner, T. Häcker und F. Winter (Hrsg.), *Das Handbuch Portfolioarbeit*. Seelze-Velber: Kallmeyer bei Friedrich.

Winter, F. (2006b). "Portfolioarbeit: Leistungsbewertung individualisieren." *Pädagogik*, 1, S. 34-37.

Winter, F. (2008). *Leistungsbewertung*, Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Wissenschaftsrat. (2007). "Empfehlungen zu einer lehrorientierten Reform der Personalstruktur an Universitäten".

Yezierski, E. J. und Birk, J. P. (2006). "Misconceptions about the Particulate Nature of Matter." *Journal of Chemical Education*, 83(6), S. 954-960.

Zeichner, K. und Wray, S. (2001). "The teaching portfolio in US teacher education programms: what we know and what we need to know." *Teaching & Teacher Education*, 17(5), S. 613-621.

Anhang A. Kopien der im SoSe 2013 und WS 2013/14 erstellten Etherpads

Kopien des Etherpads im Sommersemester 2013

1. Welche Ursachen für die Entstehung von Schülervorstellungen haben Sie im Verlauf des Seminars kennengelernt? Notieren Sie diese hier und nennen Sie Beispiele:

- Modelle/Abbildungen, z. B. Farbigkeit
- Alltagserfahrungen (wie teilweise in den Fragebögen deutlich wurde)
- manche Abbildungen in Schulbücher
- Alltagsprache
- kein vernetztes Lernen, sondern Lernen in "Portionen"
- Mehrdeutigkeit zwischen Alltagssprache und Fachsprache (z. B. Element-Begriff)
- Stabilität von bekannten Definitionen gegenüber neuen
- historischer Wandel von Begriffen
- Doppeldeutigkeiten in der Fachsprache
- Animismen – Personifikationen
- Einfluss anderer Fächer
- fachlich falsche Erklärungen von Mitschülern/Lehrpersonen
- didaktische Reduktion (z. B. in Merksätzen)
- Mehrdeutigkeit von Begriffen in der Naturwissenschaft
- mangelnde Motivation der SuS, sich mit den Inhalten auseinanderzusetzen
- falsche Informationen/Fehlvorstellungen von Älteren oder anderen Kindern
- falsche Darstellungen aus Medien (Filmen, Büchern...), z. B. explodierendes Auto wegen brennendem Benzintank
- falsche Benutzung von Sachbegriffen

2. Die nachfolgende Auflistung enthält die Inhaltsfelder des Lehrplans für das Fach Chemie an Gymnasien und Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen. Unterstreichen Sie die Themengebiete, zu denen im Seminar problematische Schülervorstellungen thematisiert worden sind und nennen Sie Beispiele:

Stoffe und Stoffveränderungen

- Gemische und Reinstoffe (unterschiedliche Bedeutungen des Begriffs Element, Lösungsvorgänge)
- Stoffeigenschaften (Übertragung von Stoffeigenschaften auf das Lösungsmittel)
- Stofftrennverfahren (Destillation; Azeotrop; Trinkwasseraufbereitung)

- Einfache Teilchenvorstellung (Atome in Modellen oft gleich groß); Teilchen als Kugeln → Unterscheidung Atome/Moleküle schwierig
- Kennzeichen chem. Reaktionen (erwartet wird sichtbare Veränderung; Wärme z. B. ist nicht sichtbar)

Stoff- und Energieumsätze bei chemischen Reaktionen

- Oxidationen; Elemente und Verbindungen: erst wird die Oxidation anhand der Reaktion mit Sauerstoff gelernt und später erst als Elektronenübertragung (Phlogiston)
- Analyse und Synthese
- Exotherme und endotherme Reaktionen (Unterscheidung zwischen endothermer und exothermer Reaktion oft nicht erkennbar)
- Aktivierungsenergie
- Gesetz von der Erhaltung der Masse (Verbrennungstheorie; Eisenwolle auf der Waage: Zunahme der Masse ohne Volumengewinn bei Masse; Was ich nicht sehe ist nicht da.)
- Reaktionsschemata (in Worten)
  Verwechslung zwischen Ionen und Atomen bzw. Molekülen

Luft und Wasser

- Luftzusammensetzung (Die Schüler kennen meist nicht den Hauptbestandteil der Luft: Sie sagen, es wäre Sauerstoff!)
- Luftverschmutzung, saurer Regen (Schüler denken oftmals, dass saurer Regen nur vom Menschen verursacht wird. Den natürlichen sauren Regen, der durch den Kohlenstoffdioxidgehalt aus der Luft entsteht, vergessen sie dabei oftmals.)
- Wasser als Oxid
- Nachweisreaktionen
- Lösungen und Gehaltsangaben (Volumenprozent bzw. Massenprozent)
- Abwasser und Wiederaufbereitung

Metalle und Metallgewinnung

- Gebrauchsmetalle
- Reduktionen/Redoxreaktion (Reduktion nur als Sauerstoffabgabe; Reduktion bedeutet Elektronenaufnahme im Gegensatz zum Alltag; "reduzieren"= weniger werden; Verwechslung zwischen Ionen und Atomen bzw. Molekülen; Phlogistontheorie)
  Begrifflichkeit (wo ist Elektronenaufnahme, wo ist Elektronenabgabe?)
- Gesetz von den konstanten Massenverhältnissen (Verbrennung; Vernichtungstheorie vs. Massenerhaltung)
- Recycling

Elementfamilien, Atombau und Periodensystem

- Alkali- oder Erdalkalimetalle
- Halogene
- Nachweisreaktionen
- Kern-Hülle-Modell (Animismen)
- Elementarteilchen (Was ist ein Element? Periodensystem der Elemente?)
- Atomsymbole (Abkürzungen der Elemente; Periodensystem)
- Schalenmodell und Besetzungsschema (Widerspruch des Schalenmodells und des Orbitalmodells, Realität besteht aus beidem)
- Atomare Masse, Isotope (verschiedene Massen bei gleichem Symbol)

Ionenbindung und Ionenkristalle

- Leitfähigkeit von Salzlösungen (Elektronenfluss)
- Ionenbildung und Bindung (kovalente Bindung/Ionenbindung wird vermischt)
- Salzkristalle (Kristallstruktur, was ist zwischen den Ionen?; Diskontinuumshypothese/ Kontinuumhypothese)
- Chemische Formelschreibweise und Reaktionsgleichungen (Abkürzungen und Zusammensetzungen)

Freiwillige und erzwungene Elektronenübertragungen

- Oxidationen als Elektronenübertragungs-Reaktionen (Sauerstoffübertragungsreaktion; Oxidation nur als Reaktion mit Sauerstoff)
- Reaktionen zwischen Metallatomen und Metallionen
- Beispiel einer einfachen Elektrolyse (Elektronenfluss durch die Lösung)

Unpolare und polare Elektronenpaarbindung

- Die Atombindung/unpolare Elektronenpaarbindung
- Wasser-, Ammoniak- und Chlorwasserstoffmoleküle als Dipole
- Wasserstoffbrückenbindung (Verbindung oder nicht?)
- Hydratisierung ("Verbindung" mit Wasser)

Saure und alkalische Lösungen

- Ionen in sauren und alkalischen Lösungen (Vorstellung von sauren Lösungen (Zacken))
- Neutralisation (Was bedeutet neutral?)
- Protonenaufnahme und Abgabe an einfachen Beispielen
- stöchiometrische Berechnungen

Energie aus chemischen Reaktionen

- Beispiel einer einfachen Batterie (Elektronenfluss durch die Lösung)
- Brennstoffzelle
- Alkane als Erdölprodukte
- Bioethanol oder Biodiesel
- Energiebilanzen (Energie"verbrauch")

Organische Chemie

- Typische Eigenschaften organischer Verbindungen
- Van-der-Waals-Kräfte (Verbindung oder nicht?)
- Funktionelle Gruppen: Hydroxy- und Carboxygruppe
- Struktur-Eigenschaftsbeziehungen (verzweigte Alkane brechen schwerer auseinander → haben höheren Siedepunkt → lösen sich schlechter)
- Veresterung
- Beispiel eines Makromoleküls (Animismen → Mickey-Mäuse)
- Katalysatoren (Was hat das mit dem Katalysator im Auto zu tun?)

3. Was muss ein Lehrer, der der konstruktivistischen Didaktik gerecht werden möchte, beachten?

- sich ihr bewusst sein
- selbstdeterminiert
- situiert
- (Problemlöse-)Kompetenzen
- viele Sinne ansprechen. Mensch als abgeschlossenes System, der nur über Sinne lernen kann/angeregt wird
- Schülervorstellung entwickeln sich immer weiter, sie können nicht ersetzt werden → Hybridvorstellungen → Conceptual Growth!
- veränderte Lehrerrolle beachten =Lernbegleiter → hohe Aktivität der SuS
- angenehme Lernatmosphäre schaffen, z.B indem auch "falsche" Antworten wertgeschätzt werden
- Lernerzentriert unterrichten
- Kommunikation ist wichtig zwischen SuS/SuS und LuL/SuS (individuelle Rückmeldung)
- Kontexte

Kopien des Etherpads im Wintersemester 2013/14

1. Welche Ursachen für die Entstehung von Schülervorstellungen haben Sie im Verlauf des Seminars kennengelernt? Notieren Sie diese hier und nennen Sie Beispiele:

Falsche didaktische Reduktion
Wahrnehmung: z. B. das Salz ist weg nach dem Lösevorgang
Inhalte aus anderen Unterrichtsfächern: Physik → Stromkreise

Modelle: Vermischung von sichtbarer und Modellebene oder Drehbarkeit des Kugel-Stäbchen-Modells

Fachbücher: mehrdeutige Begriffe oder Abbildungen

Fehlerquelle Lehrer: ungenaue Sprache

Abstrakte Prinzipien: Elektronenhüllenmodell, Gleichgewicht

Soziales Umfeld: (Freunde finden, Chemie sei doof)

Fachübergreifende Vorstellungsvermischungen Beispiel: Atom/Zelle

Einfluss von außen:
Erziehung der Eltern: Warnung: Säuren sind gefährlich!
Medieneinfluss: z. B. Fernsehen, Merksätze Beispiel: "Gleiches löst sich im Gleichem"
Fernsehserien wie z. B. Galileo
gesellschaftliche Fehlvorstellungen
eingefahrene alte Erklärungsmuster
Alltagserfahrungen Beispiel: Nicht jede Säure ätzt alles weg!

Sprache:
Begriff im Wandel
Alltagsbegriffe/Fachsprache/Alltagsprache: Begrifflichkeiten wie "auf"lösen "ver"-nichten und Mehrdeutigkeiten
→ Betrifft z. B. die folgenden Begriffe: ätzend, Säure, Reaktion, Energie, Stoff, Kern, Konzentration, lösen etc.

2. Die nachfolgende Auflistung enthält die Inhaltsfelder des Lehrplans für das Fach Chemie an Realschulen in Nordrhein-Westfalen.

Unterstreichen Sie die Themengebiete, zu denen im Seminar problematische Schülervorstellungen thematisiert worden sind, und nennen Sie Beispiele:

1. Stoffe und Stoffeigenschaften

- Stoffeigenschaften (Aggregatzustände; Übertragung von Stoffeigenschaften auf das Lösungsmittel)
- Reinstoffe, Stoffgemische und Trennverfahren (Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von Gemisch und Verbindung)
- Veränderungen von Stoffeigenschaften (Lösen von Salzen)
- Vereinfachtes Teilchenmodel (Kugel-Stab-Modell, Elementarzelle, Kugelschalenmodell, Orbitalmodell)

2. Stoff- und Energieumsätze bei chemischen Reaktionen

- Verbrennung (Die Eisenwolle wird nicht leichter; Verbrennung von Holzkohle)
- Oxidation (Oxidation = immer Sauerstoff beteiligt)
- Stoffumwandlung

3. Luft und Wasser

- Luft und ihre Bestandteile (Luft/Raum zwischen den Atomen? Durchsichtige Gase gleichgesetzt mit Luft)
- Treibhauseffekt (Ozonloch; CO_2 giftig?)
- Wasser als Oxid

4. Metalle und Metallgewinnung

- Metallgewinnung und Recycling Wiederherstellen
- Gebrauchsmetalle Verbrauch?
- Korrosion und Korrosionsschutz (Redox-Reaktionen Bsp. Oxidation von Eisen in Kupfersulfat; Reduktion nur als Sauerstoffabgabe; Reduktion bedeutet Elektronenaufnahme im Gegensatz zum Alltag "reduzieren"= weniger werden)

5. Elemente und ihre Ordnung

- Elementfamilien
- Periodensystem PSE der Atomsorten; PSE als Vorhersagemaschine
- Atombau (Modelle, z. B. von Graphit, NaCl, Butan)

6. Säure, Laugen, Salze

- Eigenschaften saurer und alkalischer Lösungen (Schwierigkeiten durch Sprache z. B. auflösen = vernichten)
- Neutralisation (Frage zur Neutralisation von Natronlauge mit Essigsäure (Molbegriff)); Alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs vs. Fachsprache
- Salze und Mineralien Atombindungen: Spalten? Lösungsprodukt; Ionenbindung; "Quasi-Moleküle"

7. Energie aus chemischen Reaktionen

- Batterie und Akkumulator Verbrauchen von Energie; Energieerzeugung
- Brennstoffzelle Feuer?
- Elektrolyse (Galvanische Zelle) (Elektronen wandern durch die Lösung, "physikalisches Wissen" wird angewendet)

8. Stoffe als Energieträger

- Alkane (Hexan in Pentan lösen) Aggregatszustände
- Alkanole (Alltagsbegriff "Alkohol" ungleich Fachbegriff)
- Fossile und regenerative Energieträger Strom wird verbraucht (Bei einer Verbrennung verschwindet was)

9. Produkte der Chemie

- Makromoleküle in Natur und Technik (Mickey-Maus Darstellung für Makromoleküle)
- Struktur und Eigenschaften ausgesuchter Verbindungen (Modelle; chemische Formelsprache)
- Nanoteilchen und neue Werkstoff

Anhang B. Interviewleitfäden der Prä- und Post-Interviews im Wintersemester 2013/14

Interviewleitfaden des Prä-Interviews

1. Wie stellen Sie sich „fachdidaktische Forschung“ vor?

Ergänzende Fragen, die nur gefragt wurden, sofern der Studierende diese nicht von sich aus beantwortet hatte:

A) Welche Fragen stellt fachdidaktische Forschung?

B) Welche Methoden verwenden Forscher in der Fachdidaktik?

C) Welche Eigenschaften muss ein „Forscher“ auf diesem Gebiet mitbringen?

2. Wie stellen Sie sich „Forschendes Lernen“ in der Universität vor? Halten Sie diese Lehr-/Lernform an der Universität für sinnvoll? (Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht?)
3. Worin sehen Sie Ursachen dafür, dass es Schülern schwer fällt, Inhalte des Chemieunterrichts zu verstehen?
4. Welche Möglichkeiten haben Lehrende, Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zu erkennen?
5. Wie können Lehrende mit diesen Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen umzugehen/darauf reagieren?
6. Wie können Lehrende Verständnisschwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler vorzubeugen?
7. Ggf. konkrete Fragen zu den individuellen Fragebögen.

Interviewleitfaden des Post-Interviews

1. Was war für Sie der wichtigste Seminarinhalt?
2. Haben Sie in diesem Seminar Inhalte kennen gelernt, die Sie überrascht haben? Wenn ja, welche?
3. Erwarten Sie, dass sich die in diesem Seminar erlernten Inhalte auf Ihre Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer auswirken? Wenn ja, wie?
4. Hat das Seminar Ihre Vorstellung von Chemieunterricht verändert/beeinflusst/ bestärkt?
5. Worin sehen Sie Ursachen dafür, dass es Schülerinnen und Schülern schwer fällt, Inhalte des Chemieunterrichts zu verstehen?
6. Welche Möglichkeiten haben Lehrende, Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zu erkennen?
7. Wie können Lehrende mit diesen Verständnisschwierigkeiten umzugehen/darauf reagieren?
8. Wie können Lehrende Verständnisschwierigkeiten ihrer Schüler vorbeugen?
9. Bitte bewerten Sie den Einsatz der Videografie während der Durchführung Ihrer Unterrichtsstunde. Würden Sie in Zukunft in der Universität oder im Seminar noch einmal Videografie einsetzen wollen?
10. Ggf. konkrete Fragen zu den individuellen Fragebögen.

Anhang C. Impulsfragen im WS 2013/14

Impulsfragen zur Seminarsitzung am 22.10.2013
1. Notieren Sie Ihre Erwartungen an die Seminareinheit „Stolpersteine im Chemieunterricht“.

2. Beantworten Sie die folgenden Fragen zur Seminarsitzung:
- Was habe ich heute Neues erfahren?
- Welche Bedeutung haben die neu kennengelernten und die wiederholten Inhalte für meine zukünftige Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer?
- Das Bemerkenswerteste der Seminarsitzung war für mich...

Impulsfragen zur Seminarsitzung am 29.10.2013
1. Beantworten Sie die folgenden Fragen zur Seminarsitzung:
- Skizzieren Sie kurz die Inhalte des Seminars
- Was habe ich heute Neues erfahren?
- Welche Bedeutung haben die neu kennengelernten und die wiederholten Inhalte für meine zukünftige Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer?
- Das Bemerkenswerteste der Seminarsitzung war für mich...

2. Wie können Sie als Lehrerin/Lehrer Vorstellungen Ihrer Schülerinnen und Schüler erkennen? Notieren Sie Ihre Ideen.

Impulsfragen zur Seminarsitzung am 05.11.2013
1. Beantworten Sie die folgenden Fragen zur Seminarsitzung:
- Skizzieren Sie kurz die Inhalte des Seminars.
- Was habe ich heute Neues erfahren?
- Welche Bedeutung haben die neu kennengelernten und die wiederholten Inhalte für meine zukünftige Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer?
- Das Bemerkenswerteste der Seminarsitzung war für mich...

2. Welche Bedeutung hat die Beschäftigung mit fachdidaktischen Methoden (Interviews/Fragebögen) für mich als Lehramtsstudent/in (aktuell und in der Zukunft als Lehrer/in)?

3. a) Erproben Sie entweder Ihren während des Seminars entworfenen Fragebogen oder das Interview mit mindestens 3 Personen (je Gruppenmitglied). (bis zum 26.11.2013)
Interviews müssen nicht aufgezeichnet oder transkribiert werden! Notizen bezüglich der erhaltenen Antworten reichen aus.
b) Haben Sie fachlich falsche Vorstellungen erkannt? Wenn ja, welche?

Impulsfragen zur Seminarsitzung am 12.11.2013

1. Beantworten Sie die folgenden Fragen zur Seminarsitzung:
   - Skizzieren Sie kurz die Inhalte des Seminars.
   - Was habe ich heute Neues erfahren?
   - Welche Bedeutung haben die neu kennengelernten und die wiederholten Inhalte für meine zukünftige Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer?
   - Das Bemerkenswerteste der Seminarsitzung war für mich...

2. Erstellen Sie eine „Checkliste“ für Lehrerinnen und Lehrer, die das Lernen ihrer Schülerinnen und Schüler angemessen berücksichtigen und unterstützen wollen. Was müssen diese in der Unterrichtsplanung/in der Durchführung ihres Unterrichts beachten?

Impulsfragen zur Seminarsitzung am 19.11.2013

1. Beantworten Sie die folgenden Fragen zur Seminarsitzung:

2. Notieren Sie Charakteristika so wie Vor- und Nachteile der im Seminar behandelten Unterrichtsverfahren und Unterrichtskonzepte.

3. Reflektieren Sie den Einsatz jedes Verfahrens hinsichtlich seiner Möglichkeiten und Grenzen bezüglich der Diagnose und der Berücksichtigung von Schülervorstellungen im Chemieunterricht.

4. Was muss eine gelungene universitäre Lehrveranstaltung Ihrer Meinung nach leisten, damit sie Lehramtsstudierende darauf vorbereitet, das Unterrichtskonzept „Forschendes Lernen“ in Ihrem Unterricht erfolgreich einzusetzen.

Impulsfrage zur Seminarsitzung am 26.11.2013

<u>Zu Ihrer Diagnose per Fragebogen/Interview:</u>

1. Stellen Sie die Konzeption Ihres Fragebogens/Interviews vor.
   - Warum haben Sie sich für einen Fragebogen oder ein Interview entschieden?
   - Begründen Sie die Wahl der Fragetypen.

2. Beschreiben Sie kurz den Verlauf der (mündlichen oder schriftlichen) Befragung.
   - Was hat während der Durchführung gut/weniger gut funktioniert?
   - Wenn Sie das nächste Mal dieses Diagnoseinstrument (einen Fragebogen oder ein Interview) konzipieren und einsetzen, würden Sie etwas ändern? Wenn ja, was?

3. Stellen Sie die Ergebnisse Ihres Fragebogen-/Intervieweinsatzes dar.
   - Haben Sie Antworten Ihrer Probanden überrascht? Wenn ja, welche?
   - Haben Sie Ihnen bekannte „Schülervorstellungen“ erkannt?

Zur Konzeption der Unterrichtsstunde:

1. Was ist Ihnen im Entwicklungsprozess der Stunde leicht gefallen? Und warum?

2. Was ist Ihnen im Entwicklungsprozess schwer gefallen? Und warum?

3. Woran möchten Sie – die Unterrichtsplanung betreffend – in Zukunft arbeiten?

Impulsfrage zur Seminarsitzung am 03.12.2013
Notieren Sie Vor- und Nachteile der im Seminar behandelten Unterrichtsverfahren und Unterrichtskonzepte und reflektieren Sie deren Einsatz hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und Grenzen im Chemieunterricht.

Impulsfragen für die Vorbereitung Ihrer Unterrichtsstunde (10.12.2013 und 17.12.2013)
Sie haben sich für eine empirisch gefundene Schülervorstellung als Ausgangspunkt für Ihre Unterrichtsstunde entschieden.
Um welche Vorstellung handelt es sich? Begründen Sie Ihre Auswahl.

Dokumentieren Sie den Verlauf Ihrer Planung.

Skizzieren Sie den geplanten Verlauf Ihrer Unterrichtsstunde.

Welche Kriterien konstruktivistischer Annahmen und der Conceptual Change- bzw. Conceptual Growth-Forschung berücksichtigt Ihre Planung? Welche Kriterien berücksichtigt sie nicht? Begründen Sie Ihre Auswahl.

Welche Erwartungen/Hoffnungen/Befürchtungen setzen Sie in die Durchführung Ihrer Unterrichtsstunde mit Schülern?

Die Durchführung Ihrer Unterrichtsstunde wird mit Videokameras so aufgezeichnet (videografiert), dass – wenn möglich – sowohl Sie als auch die Schülerinnen und Schüler gefilmt werden.

Welchen Sinn vermuten Sie hinter dem Einsatz von Videografie während der Durchführung Ihrer Unterrichtsstunde?

Welche Erwartungen/Hoffnungen/Befürchtungen setzen Sie in die Videografie Ihrer Unterrichtsstunde?

Impulsfragen zur Durchführung der eigenständig geplanten Unterrichtsstunde
Stellen Sie kurz den Verlauf Ihrer Unterrichtsstunde dar.
Ist sie so verlaufen, wie Sie es sich vorgenommen haben? Gab es Abweichungen von Ihrem Plan? Wenn ja, wo lagen die Ursachen dafür?

Notieren Sie alle Ihnen wichtigen Beobachtungen während der Durchführung der Unterrichtsstunde.

Beantworten Sie aus der Erinnerung folgende Fragen:
- Was hat während der Arbeit mit den Schülern gut funktioniert?
- Was hat während der Arbeit mit den Schülern weniger gut funktioniert?
- Wenn Sie Ihre Unterrichtsstunde noch einmal mit Schülern durchführen würden, würden Sie etwas ändern? Wenn ja, was?

In der nächsten Seminarsitzung werden Sie die Videoaufnahme der Unterrichtsstunde ansehen und analysieren. Gibt es eine bestimmte Phase der Unterrichtsstunde oder eine bestimmte Situation, die Sie noch einmal besonders betrachten möchten? Wenn ja, welche und warum gerade diese?

Impulsfragen zur Seminarsitzung am 21.01.2014
Analyse der Unterrichtsvideos aus dem Lehr-Lern-Labor
1. Auftreten als Lehrerin/Lehrer
- Notieren Sie, was Ihnen und Ihren Gruppenmitgliedern an Ihrem Auftreten als Lehrer/in aufgefallen ist.
- Wählen Sie einen oder zwei Punkte aus, an denen Sie in Zukunft arbeiten möchten.

2. Auswertung Ihres Unterrichts (unter Berücksichtigung der Videos)
- Was hat während der Arbeit mit den Schülern gut/weniger gut funktioniert?
- Haben die von Ihnen gestellten Aufgaben/Impulse so funktioniert wie sie geplant waren? Wenn nein, wieso nicht? Wie sollte man sie ändern?
- Würden Sie im Nachhinein Änderungen an der Durchführung vornehmen? Wenn ja, welche?

- Vergleichen Sie Ihre Beobachtungen aus der Videografie mit Ihren Erinnerungen im Anschluss an die Durchführung der Unterrichtsstunde. Gibt es Überschneidungen und/oder Abweichungen?

- Haben Sie die Vorstellungen und Antworten der Schüler so erwartet oder gab es „Überraschungen“? Wenn ja, welche?
- Haben Sie durch Ihre Arbeit mit den Schülern etwas Neues über die Vorstellungen von Schülern im Chemieunterricht erfahren?
- Welche Schlüsse können Sie für Ihre zukünftige Tätigkeit als Lehrer/in ziehen?

3. Videografie
- Bitte bewerten Sie den Einsatz der Videografie für die Reflexion Ihres Lehrerverhaltens.
- Bitte bewerten Sie den Einsatz der Videografie für die Nachbereitung Ihres Unterrichts.

Impulsfragen zur Sitzung am 04.02.2014

1. Haben sich Ihre Erwartungen an das Seminar erfüllt? (Lesen Sie vor der Beantwortung dieser Frage noch einmal Ihre in der zweiten Seminarwoche formulierten Erwartungen).

2. Hat sich Ihre Wahrnehmung und Bewertung von Schülervorstellungen im Verlauf des Seminars verändert? Wenn ja, wie?

3. Haben Sie das Gefühl, dass Sie das Forschende Lernen in diesem Seminar auf Ihrem Weg, Chemielehrer/in zu werden, vorangebracht hat?

   Würden Sie in zukünftigen Seminaren auch gerne forschend arbeiten?

4. Bewertung des Seminars (als Feedback)
   - Was hat Ihnen gut gefallen?
   - Was hat Ihnen nicht so gut gefallen?
   - Was hat Ihnen das Seminar gebracht?
   - Was haben Sie vermisst?

Anhang D. Tabellen

Tabelle 9: Auswertung Aufgabe FF 1.1 – Fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test* (1)	*Ergebnis McNemar-Test* (1)	*Differenz* (2)
Chemische Reaktion	7	14	10,5		0,092	7*
* Chemische Reaktion allgemein	3	3	3	k. A.(3)		0
* Chemische Reaktion mit Luft (-sauerstoff)	4	11	7,5		0,118	7
Vernichtung	8	5	6,5		0,508	-3
Zersetzung/Auflösung des Moleküls	19	35	27		0,005	16**
* Zersetzung allgemein/ Endprodukte nicht genannt	10	24	17		0,011	14**
* Zersetzung in kleinere Moleküle	8	6	7		0,754	-2
* Zersetzung in Atome	3	6	4,5	0,486		3
Aggregatzustandsänderung des Moleküls	5	0	2,5	0,056		-5*
Veränderung des Moleküls	8	22	15		0,003	14**
*Veränderung des Moleküls oder "Teilchens"/allgemein	7	1	4	0,059		-6*
*Veränderung des Moleküls/ Vergrößerung	1	20	10,5		0,000	19**
Veränderung der Bindungen	5	24	14,5		0,000	19**
*Veränderung der Bindungen allgemein	2	0	1	0,495		-2
*Bindungen werden gebrochen	3	13	8		0,006	10**
*Abstand zwischen den Atomen wird größer	0	17	8,5		0,000	17**
*Umwandlung Doppelbindungen und Einfachbindungen	2	1	1,5	1,000		-1
Bildung neuer Stoffe (nur, wenn nicht CO_2 und H_2O)	5	3	4	0,714		-2
Frage wird nicht beantwortet	4	1	2,5	0,362		-3
* Verdampfungsvorgang fachlich richtig beschrieben	2	0	1	0,247		-2
*Antwort beantwortet Frage nicht	3	2	2,5	1,000		-1
* keine Antwort	1	0	0,5	1,000		-1
Student äußert selbst Unsicherheit bei Beantwortung	3	1	2	0,617		-2

(1) Der Fishers exakte Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 10: Auswertung Aufgabe FF 1.1 – Fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test* (1)	*Ergebnis McNemar-Test* (1)	*Differenz* (2)
Chemische Reaktion	2	8	4	0,078	5		0,07	6*
* Chemische Reaktion allgemein	1	0	0	0,368				-1
* Chemische Reaktion mit Luft(-sauerstoff)	1	8	4	0,035	4,5	0,024		7**
Vernichtung	2	3	1	0,549				1
Zersetzung/Auflösung des Moleküls	12	21	20	0,026	16,5		0,049	9**

* Zersetzung allgemein/ Endprodukte nicht genannt	7	15	14	0,066	11		0,096	8*
* Zersetzung in kleinere Moleküle	5	3	5	0,449				-2
* Zersetzung in Atome	1	4	4	0,276				3
Aggregatzustandsände-rung des Moleküls	4	0	1	0,039	2	0,11		-4
Veränderung der Moleküle	4	12	13	0,014	8		0,039	8**
*Veränderung des Moleküls oder "Teilchens"/allgemein	3	0	3	0,223				-3
*Veränderung des Moleküls/Vergrößerung	1	12	10	0,001	6,5		0,001	11**
Veränderung der Bindungen	2	12	8	0,004	7		0,006	10**
*Veränderung der Bindungen allgemein	1	0	0	0,368				-1
*Bindungen werden gebrochen	1	6	8	0,008	3,5	0,099		5*
*Abstand zwischen den Atomen wird größer	0	9	5	0,004	4,5	0,002		9**
*Umwandlung Doppelbindungen und Einfachbindungen	1	0	0	0,368				-1
Bildung neuer Stoffe (nur, wenn nicht CO_2 und H_2O)	4	0	0	0,018	2	0,11		-4
Frage wird nicht beantwortet	2	0	0	0,135				-2
* Verdampfungsvorgang fachlich richtig beschrieben	2	0	1	0,368				-2
*Antwort beantwortet Frage nicht	1	1	0	0,368				0
* keine Antwort	1	0	0	0,368				-1
Student äußert selbst Unsicherheit bei Beantwortung	0	0	2	0,368				0

(1) Der Fishers exakte Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 11: Auswertung Aufgabe FF 1.1 – Fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nen-nungen im Prä-Test	*Nen-nungen im Post-Test*	*Nen-nungen im Follow-up-Test*	*Coch-ran Test*	*Errech-nete Häufig-keit*	*Ergebnis Fishers exakter Test (1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Diffe-renz (2)*
Chemische Reaktion	2	8	4	0,078	6		0,289	-4
* Chemische Reaktion allgemein	1	0	0	0,368				0
* Chemische Reaktion mit Luft(-sauerstoff)	1	8	4	0,035	6		0,289	-4
Vernichtung	2	3	1	0,549				-2
Zersetzung/Auflösung des Moleküls	12	21	20	0,026	20,5		1	-1
* Zersetzung allgemein/ Endprodukte nicht genannt	7	15	14	0,066	14,5		1	-1
* Zersetzung in kleinere Moleküle	5	3	5	0,449				2
* Zersetzung in Atome	1	4	4	0,276				0
Aggregatzustands-änderung des Moleküls	4	0	1	0,039	0,5	1		1
Veränderung des Moleküls	4	12	13	0,014	12,5		0,727	1

*Veränderung des Moleküls oder "Teilchens"/allgemein	3	0	3	0,223				3
*Veränderung des Moleküls/Vergrößerung	1	12	10	0,001	11		0,289	-2
Veränderung der Bindungen	2	12	8	0,004	10		0,289	-4
*Veränderung der Bindungen allgemein	1	0	0	0,368				0
*Bindungen werden gebrochen	1	6	8	0,008	7		0,625	2
*Abstand zwischen den Atomen wird größer	0	9	5	0,004	7		0,289	-4
*Umwandlung Doppelbindungen und Einfachbindungen	1	0	0	0,368				0
Bildung neuer Stoffe (nur, wenn nicht CO_2 und H_2O)	4	0	0	0,018	0	k. A.(3)		0
Frage wird nicht beantwortet	2	0	0	0,135				0
* Verdampfungsvorgang fachlich richtig beschrieben	2	0	1	0,368				1
*Antwort beantwortet Frage nicht	1	1	0	0,368				-1
* keine Antwort	1	0	0	0,368				0
Student äußert selbst Unsicherheit bei Beantwortung	0	0	2	0,368				2

(1) Der Fishers exakte Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 12: Auswertung Aufgabe FF 1.2 – Ursachen für fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit (1)*	*Ergebnis Fishers exakter Test (1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz (2)*
In der Person des Schülers	28	25	26,5		0,664	-3
* Schüler hat etwas falsch verstanden	3	1	2	0,617		-2
* Schüler denkt im Chemie Unterricht immer an chemische Reaktion	1	6	3,5	0,111		5
* Schüler hat keine oder eine falsche Vorstellung	14	19	16,5		0,383	5
* fehlendes Wissen	12	7	9,5		0,302	-5
*mangelndes Interesse/Beteiligung am vorangegangenen Unterricht	3	0	1,5	0,242		-3
Chemieunterricht	8	17	12,5		0,064	9*
* Versäumnis das Thema zu Unterrichten (auch für Lehrer)	4	0	2	0,117		-4
* Kugel als Moleküle bzw. Atome	1	8	4,5	0,031		7**
* Vermischung von Ebenen	2	0	1	0,495		-2
* Inhalte des Chemieunterrichts werden richtig erinnert aber falsch angewandt	2	9	5,5		0,065	7*
* Fehlerhafte Abbildungen in Schulbüchern	0	1	0,5	1		1
Einfluss anderer Fächer	2	5	3,5	0,435		3
* Einfluss anderer Fächer allgemein	0	4	2	0,177		4
*Einfluss des Physikunterrichts	2	1	1,5	1		-1
Alltagserfahrung/Sprache	7	14	10,5		0,143	7
Antwort beantwortet die Frage nicht	5	5	5		k. A.(3)	0
Frage nicht beantwortet	3	1	2	0,617		-2

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 13: Auswertung Aufgabe FF 1.2 – Ursachen für fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä-und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
In der Person des Schülers	14	14	14	1				0
* Schüler hat etwas falsch verstanden	2	1	0	0,368				-1
* Schüler denkt im Chemieunterricht immer an chemische Reaktion	0	4	5	0,050	2	0,11		4
* Schüler hat keine oder eine falsche Vorstellung	9	10	9	0,939				1
* fehlendes Wissen	4	4	0	0,102				0
*mangelndes Interesse/ Beteiligung am voran-gegangenen Unterricht	3	0	0	0,050	1,5	0,235		-3
Chemieunterricht	4	11	9	0,062	7,5		0,065	7*
* Versäumnis das Thema zu Unterrichten (auch für Lehrer)	2	0	0	0,135				-2
* Kugel als Moleküle bzw. Atome	1	5	4	0,074	3	0,191		4
* Vermischung von Ebenen	0	0	1	0,368				0
* Inhalte des Chemieunterrichts werden richtig erinnert aber falsch angewandt	1	5	3	0,180				4
* Fehlerhafte Abbildungen in Schulbüchern	0	1	2	0,368				1
Einfluss anderer Fächer	1	4	1	0,223				3
* Einfluss anderer Fächer allgemein	0	3	1	0,174				3
*Einfluss des Physikunterrichts	1	1	1	1,000				0
Alltagserfahrung/ Sprache	2	8	8	0,050	5		0,109	6
Antwort beantwortet die Frage nicht	4	2	1	0,368				-2
Frage nicht beantwortet	2	0	2	0,368				-2

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 14: Auswertung Aufgabe 1.2 – Ursachen für fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errech-nete Häufig-keit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
In der Person des Schülers	14	14	14	1,000				0
* Schüler hat etwas falsch verstanden	2	1	0	0,368				-1
* Schüler denkt im Chemieunterricht immer an chemische Reaktion	0	4	5	0,050	4,5	0,11		1
* Schüler hat keine oder eine falsche Vorstellung	9	10	9	0,939				-1
* fehlendes Wissen	4	4	0	0,102				-4

*mangelndes Interesse/ Beteiligung am voran-gegangenen Unterricht	3	0	0	0,050	0	k. A.		0
Chemieunterricht	4	11	9	0,062	10		0,754	-2
* Versäumnis das Thema zu Unterrichten (auch für Lehrer)	2	0	0	0,135				0
* Kugel als Moleküle bzw. Atome	1	5	4	0,074	4,5	0,191		-1
* Vermischung von Ebenen	0	0	1	0,368				1
* Inhalte des Chemieunterrichts werden richtig erinnert aber falsch angewandt	1	5	3	0,180				-2
* Fehlerhafte Abbildungen in Schulbüchern	0	1	2	0,368				1
Einfluss anderer Fächer	1	4	1	0,223				-3
* Einfluss anderer Fächer allgemein	0	3	1	0,174				-2
*Einfluss des Physikunterrichts	1	1	1	1,000				0
Alltagserfahrung/ Sprache	2	8	8	0,050	8		k. A.(3)	0
Antwort beantwortet die Frage nicht	4	2	1	0,368				-1
Frage nicht beantwortet	2	0	2	0,368				2

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 15: Auswertung Aufgabe FF 2 – Verbrennung von Eisenwolle (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Antwort A						
Schüler	43	44	43,5		1,000	1
* fehlendes Wissen	4	1	2,5	0,362		-3
* fachlich falsche Vorstellung (allgemein)/mangelnde Vorstellungskraft	3	0	1,5	0,242		-3
* Vorstellung zur Verbrennung. Diese wird mit Zerstörung/Vernichtung/Verschwinden gleichgesetzt. (Vernichtungstheorie)	29	34	31,5		0,302	5
* Vorstellung zur Verbrennung. Produkte einer Verbrennung sind immer leichter als die Edukte.	17	18	17,5		1	1
* fachlich falsche oder fehlende Vorstellung zur Oxidation	3	0	1,5	0,242		-3
* Verbrennung wird nicht als chemischer Vorgang verstanden	4	0	2,0	0,117		-4
Alltagserfahrung	20	18	19,0		0,839	-2
* Alltagserfahrung wird allgemein genannt (Verbrennen von Kerze, Holz...)	15	17	16,0		0,832	2
*Beobachtung, dass Volumen der Produkte im Vergleich zu den Edukten bei den meisten Verbrennungen abnimmt (nach Verbrennung wenig Produkt übrig geblieben)	4	3	3,5	1,000		-1
* Für alltägliche Beobachtungen gilt meist, dass die Masse der Produkte kleiner ist als die Masse der Edukte	8	4	6,0		0,289	-4
* Schüler sehen Rauch aufsteigen und schließen daraus, dass "Etwas" verlorengeht.	2	1	1,5	1,000		-1
Alltagssprache	2	4	3,0	0,677		2
*"ver"brennen	2	4	3,0	0,677		2
Antwort B						
Massenerhaltung berücksichtigt	5	10	7,5		0,267	5

Erfahrung: Metalle (ver-)brennen nicht	3	3	3,0	k. A.[3]		0
Sauerstoff wird nicht berücksichtigt	4	8	6,0		0,219	4
Antwort beantwortet die Frage nicht	1	0	0,5	1,000		-1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 16: Auswertung Aufgabe FF 2 – Verbrennung von Eisenwolle (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test[1]*	*Ergebnis McNemar-Test[1]*	*Differenz[2]*
Antwort A								
Schüler	22	24	18	0,045	23,0		0,625	2
* fehlendes Wissen	2	1	1	0,717				-1
* fachlich falsche Vorstellung (allgemein)/mangelnde Vorstellungskraft	1	0	2	0,368				-1
* Vorstellung zur Verbrennung. Diese wird mit Zerstörung/Vernichtung/ Verschwinden gleichgesetzt. (Vernichtungstheorie)	16	17	15	0,807				1
* Vorstellung zur Verbrennung. Produkte einer Verbrennung sind immer leichter als die Edukte.	8	9	5	0,465				1
* fachlich falsche oder fehlende Vorstellung zur Oxidation	3	0	0	0,050	1,5	0,235		-3
* Verbrennung wird nicht als chemischer Vorgang verstanden	1	0	0	0,368				-1
Alltagserfahrung	12	12	10	0,779				0
* Alltagserfahrung wird allgemein genannt (Verbrennen von Kerze, Holz...)	9	11	8	0,646				2
*Beobachtung, dass Volumen der Produkte im Vergleich zu den Edukten bei den meisten Verbrennungen abnimmt (nach Verbrennung wenig Produkt übrig geblieben)	1	2	0	0,368				1
* Für alltägliche Beobachtungen gilt meist, dass die Masse der Produkte kleiner ist als die Masse der Edukte	3	3	4	0,867				0
* Schüler sehen Rauch aufsteigen und schließen daraus, dass "Etwas" verlorengeht.	2	1	2	0,779				-1
Alltagssprache	1	2	2	0,223				1
*"ver"brennen	1	2	3	0,223				1
Antwort B								
Massenerhaltung berücksichtigt	3	7	3	0,234				4
Erfahrung: Metalle (ver)-brennen nicht	2	1	2	0,717				-1
Sauerstoff wird nicht berücksichtigt	2	7	5	0,121				5
Antwort beantwortet die Frage nicht	1	0	1	0,607				-1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 17: Auswertung Aufgabe FF 2 – Verbrennung von Eisenwolle (Gruppe Prä-, Post und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test*[1]	*Ergebnis McNemar-Test*[1]	*Differenz*[2]
Antwort A								
Schüler	22	24	18	0,045	21,0		0,031	-6**/*
* fehlendes Wissen	2	1	1	0,717				0
* fachlich falsche Vorstellung (allgemein)/ mangelnde Vorstellungskraft	1	0	2	0,368				2
* Vorstellung zur Verbrennung. Diese wird mit Zerstörung/Vernichtung/ Verschwinden gleichgesetzt. (Vernichtungstheorie)	16	17	15	0,807				-2
* Vorstellung zur Verbrennung. Produkte einer Verbrennung sind immer leichter als die Edukte.	8	9	5	0,465				-4
* fachlich falsche oder fehlende Vorstellung zur Oxidation	3	0	0	0,050	0	k. A.[3]		0
* Verbrennung wird nicht als chemischer Vorgang verstanden	1	0	0	0,368				0
Alltagserfahrung	12	12	10	0,779				-2
* Alltagserfahrung wird allgemein genannt (Verbrennen von Kerze, Holz...)	9	11	8	0,646				-3
*Beobachtung, dass Volumen der Produkte im Vergleich zu den Edukten bei den meisten Verbrennungen abnimmt (nach Verbrennung wenig Produkt übrig geblieben)	1	2	0	0,368				-2
* Für alltägliche Beobachtungen gilt meist, dass die Masse der Produkte kleiner ist als die Masse der Edukte	3	3	4	0,867				1
* Schüler sehen Rauch aufsteigen und schließen daraus, dass "Etwas" verlorengeht.	2	1	2	0,779				1
Alltagssprache	1	2	2	0,223				0
*"ver"brennen	1	2	3	0,223				1
Antwort B								
Massenerhaltung berücksichtigt	3	7	3	0,234				-4
Erfahrung: Metalle (ver-) brennen nicht	2	1	2	0,717				1
Sauerstoff wird nicht berücksichtigt	2	7	5	0,121				-2
Antwort beantwortet die Frage nicht	1	0	1	0,607				1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 18: Auswertung Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Schüler	24	4	14,0		0	-20**
* fehlendes Wissen	10	1	5,5		0,004	-9**
* Schwierigkeiten mit der Strukturformel/Darstellung	7	2	4,5	0,159		-5
* Schüler wendet vorhandenes Wissen falsch an	9	1	5,0		0,021	-8**
Alltagsbeobachtung	11	22	16,5		0,019	11**
* allgemein	0	1	0,5	1,000		1
* Zucker nicht mehr sichtbar	11	22	16,5		0,019	11**
Alltagssprache	4	15	9,5		0,003	11**
* allgemein	0	2	1,0	0,495		2
* alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs "Lösen" = trennen/zerstören	4	14	9,0		0,013	10**
Chemieunterricht	21	23	22,0		0,824	2
*chemische Reaktion/Vermischen mit Wassermolekülen	3	3	3,0	k. A.(3)		0
*Lösen ionischer Bindungen	10	14	12,0		0,388	4
*Lösen als chemische Reaktion	5	0	2,5	0,056		-5*
*Kugeln als Moleküle/Ionen	1	2	1,5	1,000		1
* Vermischung von Macro- und Submicroebene	4	4	4,0	k. A.(3)		0
Antwort beantwortet Frage nicht	4	1	2,5	0,362		-3
Frage nicht beantwortet	1	0	0,5	1,000		-1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 19: Auswertung Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Schüler	13	2	4	0,002	7,5		0,003	-11**
* fehlendes Wissen	6	0	0	0,002	3,0	0,023		-6**
* Schwierigkeiten mit der Strukturformel/Darstellung	3	2	2	0,819				-1
* Schüler wendet vorhandenes Wissen falsch an	4	0	2	0,135				-4
Alltagsbeobachtung	7	12	13	0,076	9,5		0,180	5
* allgemein	0	1	1	0,368				1
* Zucker nicht mehr sichtbar	7	12	12	0,125				5
Alltagssprache	1	9	8	0,006	5,0		0,008	8**
* allgemein	0	1	0	0,368				1
* alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs "Lösen" = trennen/zerstören	1	9	8	0,006	5,0		0,008	8**
Chemieunterricht	9	13	12	0,338				4
*chemische Reaktion/ Vermischen mit Wassermolekülen	0	0	1	0,368				0
*Lösen ionischer Bindungen	4	8	7	0,197				4
*Lösen als chemische Reaktion	3	0	0	0,050	1,5	0,235		-3
*Kugeln als Moleküle/ Ionen	1	2	4	0,174				1

* Vermischung von Macro- und Submicroebene	3	3	1	0,565				0
Antwort beantwortet Frage nicht	3	0	0	0,050	1,5	0,235		-3
Frage nicht beantwortet	0	0	0	k. A.(3)				0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 20: Auswertung Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post-und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Schüler	13	2	4	0,002	3,0	0,668		2
* fehlendes Wissen	6	0	0	0,002	0,0	k. A.(3)		0
* Schwierigkeiten mit der Strukturformel/Darstellung	3	2	2	0,819				0
* Schüler wendet vorhandenes Wissen falsch an	4	0	2	0,135				2
Alltagsbeobachtung	7	12	13	0,076	12,5		1,000	1
* allgemein	0	1	1	0,368				0
* Zucker nicht mehr sichtbar	7	12	12	0,125				0
Alltagssprache	1	9	8	0,006	8,5		1,000	-1
* allgemein	0	1	0	0,368				-1
* alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs "Lösen" = trennen/zerstören	1	9	8	0,006	8,5		1,000	-1
Chemieunterricht	9	13	12	0,338				-1
*chemische Reaktion/ Vermischen mit Wassermolekülen	0	0	1	0,368				1
*Lösen ionischer Bindungen	4	8	7	0,197				-1
*Lösen als chemische Reaktion	3	0	0	0,050	0,0	k. A.(3)		0
*Kugeln als Moleküle/ Ionen	1	2	4	0,174				2
* Vermischung von Macro- und Submicroebene	3	3	1	0,565				-2
Antwort beantwortet Frage nicht	3	0	0	0,050	0,0	k. A.(3)		0
Frage nicht beantwortet	0	0	0	k. A.(3)				0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 21: Auswertung Aufgabe FF 4 – Stromfluss in wässriger Lösung (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Vorstellungen	0	0	0,0	k. A.(3)		0
Elektronen sind ursächlich für Stromfluss	10	19	14,5		0,022	9**
Elektronen können frei in Lösung vorliegen (und wandern)	15	10	12,5		0,302	-5
Stromfluss immer in eine Richtung	5	1	3,0	0,204		-4
Stromfluss/Elektronenfluss benötigt einen Vermittler (z. B. Ionen)	15	16	15,5		1,000	1

Ionen als stationär betrachtet	1	1	1,0	k. A.(3)		0
Stromfluss benötigt einen geschlossenen Stromkreis	4	3	3,5	1,000		-1
Fehlende/s Vorstellung/Wissen der Schüler	7	4	5,5		0,508	-3
Verwechslung von Begriffen oder "Teilchen"	4	8	6,0		0,125	4
Ursachen	0	0	0,0	k. A.(3)		0
Physikunterricht	11	26	18,5		0,001	15**
*Physik(unterricht) wird explizit genannt	10	23	16,5		0,007	13**
*Stromfluss als Elektronenfluss im metallischen Leiter	6	6	6,0		k. A.(3)	0
*Merksatz: Plus und Minus ziehen sich an	0	1	0,5	1,000		1
*Stromkreis (muss geschlossen sein, damit Strom fließen kann)	1	5	3,0	0,204		4
*Stromfluss immer vom Minus- zum Pluspol	2	1	1,5	1,000		-1
Alltagserfahrung	9	9	9,0		k. A.(3)	0
*Alltagserfahrung wird explizit genannt	1	2	1,5	1,000		1
*Feuerwehrkette/Weitergabe	6	5	5,5		1,000	-1
*Fluss fließt in eine Richtung	2	3	2,5	1,000		1
Chemieunterricht	1	1	1,0	k. A.(3)		0
*Chemie(unterricht) wird explizit genannt	0	1	0,5	1,000		1
*Chemische Reaktion	1	0	0,5	1,000		-1
Antwort beatwortet Frage nicht	2	2	2,0	k. A.(3)		0
Frage nicht beantwortet	1	0	0,5	1,000		-1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 22: Auswertung Aufgabe FF 4 – Stromfluss in wässriger Lösung (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Vorstellungen								
Elektronen sind ursächlich für Stromfluss	6	10	8	0,260				4
Elektronen können frei in Lösung vorliegen (und wandern)	8	6	5	0,607				-2
Stromfluss immer in eine Richtung	2	1	0	0,368				-1
Stromfluss/Elektronenfluss benötigt einen Vermittler (z. B. Ionen)	7	9	7	0,790				2
Ionen als stationär betrachtet	1	0	0	0,368				-1
Stromfluss benötigt einen geschlossenen Stromkreis	3	1	4	0,247				-2
Fehlende/s Vorstellung/ Wissen der Schüler	2	3	2	0,867				1
Verwechslung von Begriffen oder "Teilchen"	2	3	4	0,549				1
Ursachen								
Physikunterricht	7	16	15	0,004	11,5		0,022	9**
*Physik(unterricht) wird explizit genannt	6	14	12	0,024	10,0		0,057	8*
* Stromfluss als Elektronenfluss im metallischen Leiter	5	4	2	0,311				-1

*Merksatz: Plus und Minus ziehen sich an	0	1	2	0,368				1
*Stromkreis (muss geschlossen sein, damit Strom fließen kann)	1	2	5	0,074	1,5	1		1
*Stromfluss immer vom Minus- zum Pluspol	0	0	2	0,135				0
Alltagserfahrung	5	4	3	0,717				-1
*Alltagserfahrung wird explizit genannt	1	1	0	0,607				0
*Feuerwehrkette/ Weitergabe	2	3	1	0,268				1
*Fluss fließt in eine Richtung	2	1	2	0,819				-1
Chemieunterricht	0	0	2	0,135				0
*Chemie(unterricht) wird explizit genannt	0	0	2	0,135				0
*Chemische Reaktion	0	0	0	k. A.(3)				0
Antwort beatwortet Frage nicht	2	1	0	0,368				-1
Frage nicht beantwortet	0	0	0	k. A.(3)				0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 23: Auswertung Aufgabe FF 4 – Stromfluss in wässriger Lösung (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Vorstellungen								0
Elektronen sind ursächlich für Stromfluss	6	10	8	0,26				-2
Elektronen können frei in Lösung vorliegen (und wandern)	8	6	5	0,607				-1
Stromfluss immer in eine Richtung	2	1	0	0,368				-1
Stromfluss/Elektronenfluss benötigt einen Vermittler (z. B. Ionen)	7	9	7	0,790				-2
Ionen als stationär betrachtet	1	0	0	0,368				0
Stromfluss benötigt einen geschlossenen Stromkreis	3	1	4	0,247				3
Fehlende/s Vorstellung/ Wissen der Schüler	2	3	2	0,867				-1
Verwechslung von Begriffen oder "Teilchen"	2	3	4	0,549				1
Ursachen								
Physikunterricht	7	16	15	0,004	15,5		1,000	-1
*Physik(unterricht) wird explizit genannt	6	14	12	0,024	13,0		0,625	-2
*Stromfluss als Elektronenfluss im metallischen Leiter	5	4	2	0,311				-2
*Merksatz: Plus und Minus ziehen sich an	0	1	2	0,368				1
*Stromkreis (muss geschlossen sein, damit Strom fließen kann)	1	2	5	0,074	3,5	0,419		3
*Stromfluss immer vom Minus- zum Pluspol	0	0	2	0,135				2

Alltagserfahrung	5	4	3	0,717				-1
*Alltagserfahrung wird explizit genannt	1	1	0	0,607				-1
*Feuerwehrkette/ Weitergabe	2	3	1	0,268				-2
*Fluss fließt in eine Richtung	2	1	2	0,819				1
Chemieunterricht	0	0	2	0,135				2
*Chemie(-unterricht) wird explizit genannt	0	0	2	0,135				2
*Chemische Reaktion	0	0	0	k. A.(3)				0
Antwort beatwortet Frage nicht	2	1	0	0,368				-1
Frage nicht beantwortet	0	0	0	k. A.(3)				0

Anmerkungen:
(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 24: Auswertung Aufgabe FF 5.1 – Zucker in Wasser gelöst -Ursachen (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Alltagssprachliche Bedeutung "Lösen"/"auflösen"	6	18	12,0		0,008	12**
Zucker in Wasser gelöst ist nicht mehr sichtbar	35	37	36,0		0,804	2
Gesamtvolumen nimmt ab/keine anteilige Volumenvergrößerung	13	6	9,5		0,092	-7*
Schüler beachten nur die Masse des Wassers	1	0	0,5	1		-1
Fachlich unangemessene Antwort	2	1	1,5	1		-1
Antwort beantwortet Frage nicht	0	0	0,0	k. A.(3)		0
Keine Antwort	0	0	0,0	k. A.(3)		0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 25: Auswertung Aufgabe FF 5.1 – Zucker in Wasser gelöst – Ursachen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Alltagssprachliche Bedeutung "Lösen"/"auflösen"	3	10	12	0,015	6,5		0,065	7*/-
Zucker in Wasser gelöst ist nicht mehr sichtbar	20	20	17	0,623				0
Gesamtvolumen nimmt ab/keine anteilige Volumenvergrößerung	7	2	7	0,082	4,5	0,140		-5
Schüler beachten nur die Masse des Wassers	0	0	0					0
Fachlich unangemessene Antwort	1	1	1	1,000				0
Antwort beantwortet Frage nicht	0	0	0					0
Keine Antwort	0	0	0					0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 26: Auswertung Aufgabe FF 5.1 – Zucker in Wasser gelöst – Ursachen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Alltagssprachliche Bedeutung "Lösen"/"auflösen"	3	10	12	0,015	11,0		0,754	2
Zucker in Wasser gelöst ist nicht mehr sichtbar	20	20	17	0,623				-3
Gesamtvolumen nimmt ab/keine anteilige Volumenvergrößerung	7	2	7	0,082	4,5	0,140		5
Schüler beachten nur die Masse des Wassers	0	0	0					0
Fachlich unangemessene Antwort	1	1	1	1,000				0
Antwort beantwortet Frage nicht	0	0	0					0
Keine Antwort	0	0	0					0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 27: Auswertung Aufgabe FF 5.2 – Zucker in Wasser gelöst – Umgangsweisen (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Fachlich richtige Vorstellung erklären	10	4	7,0		0,031	-6**
Erklärung mit Hilfe des Teilchenmodells	6	3	4,5	0,486		-3
Gesetz zum Massenerhalt wiederholen	4	9	6,5		0,227	5
Experiment	37	45	41,0		0,021	8**
*allgemein	11	16	13,5		0,302	5
*Schülerexperiment	14	21	17,5		0,143	7
*Demoexperiment	13	6	9,5		0,143	-7
Versuchstyp	26	26	26,0		k. A.(3)	0
*Wiegen	23	24	23,5		1	1
*Eindampfen	4	8	6,0		0,219	4
*Geschmacksprobe	2	1	1,5	1,000		-1
Explizite Wertschätzung der Schülerantwort	2	2	2,0	k. A.(3)		0
Antwort beantwortet Frage nicht	1	0	0,5	1,000		-1
Keine Antwort	2	0	1,0	0,495		-2

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 28: Auswertung Aufgabe FF 5.2 – Zucker in Wasser gelöst – Umgangsweisen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Fachlich richtige Vorstellung erklären	6	3	5	0,368				-3
Erklärung mit Hilfe des Teilchenmodells	1	1	3	0,368				0
Gesetz zum Massenerhalt wiederholen	2	6	2	0,069	4,0	0,248		4
Experiment	21	23	23	0,565				2
*allgemein	5	7	8	0,607				2
*Schülerexperiment	9	11	9	0,735				2
*Demoexperiment	8	3	7	0,223				-5
Versuchstyp	17	15	15	0,735				-2
*Wiegen	16	14	12	0,397				-2
*Eindampfen	3	5	3	0,368				2
*Geschmacksprobe	0	1	3	0,174				1
Explizite Wertschätzung der Schülerantwort	1	1	4	0,165				0
Antwort beantwortet Frage nicht	1	0	0	0,368				-1
Keine Antwort	0	0	0	k. A.(3)				0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 29: Auswertung Aufgabe FF 5.2 – Zucker in Wasser gelöst – Umgangsweisen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Fachlich richtige Vorstellung erklären	6	3	5	0,368				2
Erklärung mit Hilfe des Teilchenmodells	1	1	3	0,368				2
Gesetz zum Massenerhalt wiederholen	2	6	2	0,069	4,0	0,248		-4
Experiment	21	23	23	0,565				0
*allgemein	5	7	8	0,607				1
*Schülerexperiment	9	11	9	0,735				-2
*Demoexperiment	8	3	7	0,223				4
Versuchstyp	17	15	15	0,735				0
*Wiegen	16	14	12	0,397				-2
*Eindampfen	3	5	3	0,368				-2
*Geschmacksprobe	0	1	3	0,174				2
Explizite Wertschätzung der Schülerantwort	1	1	4	0,165				3
Antwort beantwortet Frage nicht	1	0	0	0,368				0
Keine Antwort	0	0	0	k. A.(3)				0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 30: Auswertung Aufgabe FF 6 – Begriffe im Wandel am Beispiel Oxidation und Reduktion (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff	16	16	16,0		k. A.(3)	0
Vermischung alter und neuer Konzepte	4	8	6,0		0,289	4
Schüler verwechseln die verschiedenen Konzepte	13	6	9,5		0,039	-7**
Schüler wenden eines der gelernten Konzepte an. Dies muss nicht das letzte und aktuell gültige sein	7	17	12,0		0,021	10**
Schüler fühlt sich verwirrt	4	4	4,0	k. A.(3)		0
Umlernen wird als demotivierend empfunden und wirft schlechtes Licht auf das Schulfach Chemie	7	5	6,0		0,687	-2
Frage nicht beantwortet	5	2	3,5	0,435		-3

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 31: Auswertung Aufgabe FF 6 – Begriffe im Wandel am Beispiel Oxidation und Reduktion (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff	8	7	5	0,417				-1
Vermischung alter und neuer Konzepte	2	7	3	0,072	4,5	0,140		5
Schüler verwechseln die verschiedenen Konzepte	8	4	5	0,307				-4
Schüler wenden eines der gelernten Konzepte an. Dies muss nicht das letzte und aktuell gültige sein	3	9	9	0,027	6,0		0,070	6*
Schüler fühlt sich verwirrt	3	3	1	0,565				0
Umlernen wird als demotivierend empfunden und wirft schlechtes Licht auf das Schulfach Chemie	6	4	9	0,093	5,0		0,625	-2
Frage nicht beantwortet	1	1	1	1,000				0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 32: Auswertung Aufgabe FF 6 – Begriffe im Wandel am Beispiel Oxidation und Reduktion (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff	8	7	5	0,417				-2
Vermischung alter und neuer Konzepte	2	7	3	0,072	5,0		0,125	-4
Schüler verwechseln die verschiedenen Konzepte	8	4	5	0,307				1
Schüler wenden eines der gelernten Konzepte an. Dies muss nicht das letzte und aktuell gültige sein	3	9	9	0,027	9,0		k. A.(3)	0
Schüler fühlt sich verwirrt	3	3	1	0,565				-2

Umlernen wird als demotivierend empfunden und wirft schlechtes Licht auf das Schulfach Chemie	6	4	9	0,093	6,5		0,063	5*
Frage nicht beantwortet	1	1	1	1,000				0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 33: Auswertung Aufgabe FF 7 –Teilchen-Begriff (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Mehrdeutigkeit des Begriffes	32	40	36,0		0,057	8*
*Atom als mögliche Bedeutung genannt	25	32	28,5		0,189	7
*Molekül als mögliche Bedeutung genannt	22	34	28,0		0,017	12**
*Ion als mögliche Bedeutung genannt	10	16	13,0		0,263	6
*Teilchen im Sinne des Teilchenmodells	2	5	3,5	0,435		3
Alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs	5	9	7,0		0,289	4
Teilchen werden mit Eigenschaften von konkreten Gegenständen assoziiert	8	6	7,0		0,774	-2
Antwort beantwortet die Frage nicht	5	0	2,5	0,056		-5*
keine Antwort	4	1	2,5	0,362		-3

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 34: Auswertung Aufgabe FF 7 – Teilchen-Begriff (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Mehrdeutigkeit des Begriffes	20	24	15	0,006	22,0		0,219	4
*Atom als mögliche Bedeutung genannt	15	19	11	0,050	17,0		0,344	4
*Molekül als mögliche Bedeutung genannt	14	19	13	0,109				5
*Ion als mögliche Bedeutung genannt	7	11	8	0,368				4
*Teilchen im Sinne des Teilchenmodells	2	3	2	0,846				1
Alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs	4	5	8	0,197				1
Teilchen werden mit Eigenschaften von konkreten Gegenständen assoziiert	4	3	3	0,867				-1
Antwort beantwortet die Frage nicht	2	0	1	0,223				-2
keine Antwort	0	0	0		0,0	k. A.(3)		0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 35: Auswertung Aufgabe FF 7 – Teilchen-Begriff (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Mehrdeutigkeit des Begriffes	20	24	15	0,006	19,5		0,004	-9**
*Atom als mögliche Bedeutung genannt	15	19	11	0,050	15,0		0,039	-8**
*Molekül als mögliche Bedeutung genannt	14	19	13	0,109				-6
*Ion als mögliche Bedeutung genannt	7	11	8	0,368				-3
*Teilchen im Sinne des Teilchenmodells	2	3	2	0,846				-1
Alltagssprachliche Bedeutung des Begriffs	4	5	8	0,197				3
Teilchen werden mit Eigenschaften von konkreten Gegenständen assoziiert	4	3	3	0,867				0
Antwort beantwortet die Frage nicht	2	0	1	0,223				1
keine Antwort	0	0	0		0	k. A.(3)		0

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 36: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen
(1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)

Code	*Frage*	*Mittelwert Prä-Test*	*Mittelwert Post-Test*	*Differenz#*
1_6_1_4	Es ist der Lehrperson nicht gelungen, eine angenehme Lernatmosphäre zu schaffen.	4,731	4,923	0,192
1_6_1_7	Die Lehrperson ist den Schülerinnen und Schülern unsympathisch.	4,385	4,577	0,192
1_6_2_10	Die Lehrperson hat selbst falsche Vorstellungen, die sie in den Unterricht einfließen lässt.	5,115	5,538	0,423
1_6_2_8	Die Lehrperson konnte die chemischen Sachverhalte nicht gut erklären.	5,423	5,269	-0,154
1_6_3_10	Die Lehrperson hat einen methodisch schlechten Chemieunterricht durchgeführt.	5,308	4,962	-0,346**
1_6_3_8	Die Lehrperson achtet nicht auf eine präzise Verwendung der Fachsprache.	5,115	5,308	0,192
1_6_4_5	Die Lehrperson macht didaktische Reduktionen von Fachinhalten für die Schülerinnen und Schüler nicht transparent.	4,077	4,680	0,603**
1_6_4_6	Die Lehrperson hat die Inhalte nicht interessant vermittelt.	4,923	4,962	0,038

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 37: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Post-Test***	***Mittelwert Follow-up-Test***	***Differenz#***
1_6_1_4	Es ist der Lehrperson nicht gelungen, eine angenehme Lernatmosphäre zu schaffen.	4,923	4,577	-0,346*
1_6_1_7	Die Lehrperson ist den Schülerinnen und Schülern unsympathisch.	4,577	4,269	-0,308*
1_6_2_10	Die Lehrperson hat selbst falsche Vorstellungen, die sie in den Unterricht einfließen lässt.	5,538	5,423	-0,115
1_6_2_8	Die Lehrperson konnte die chemischen Sachverhalte nicht gut erklären.	5,269	5,346	0,077
1_6_3_10	Die Lehrperson hat einen methodisch schlechten Chemieunterricht durchgeführt.	4,962	4,885	-0,077
1_6_3_8	Die Lehrperson achtet nicht auf eine präzise Verwendung der Fachsprache.	5,308	5,077	-0,231
1_6_4_5	Die Lehrperson macht didaktische Reduktionen von Fachinhalten für die Schülerinnen und Schüler nicht transparent.	4,680	4,654	-0,026
1_6_4_6	Die Lehrperson hat die Inhalte nicht interessant vermittelt.	4,962	4,615	-0,346°

#Differenz der Mittelwerte (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
° Bezüglich dieses Items kam es zu einer Abweichung zwischen dem zweiseitigen t-Test (signifikant auf 10 % Niveau) und dem ebenfalls zweiseitigen Wilcoxon-Test (nicht signifikant). Für diesen Fall wurde festgelegt, dass der Wilcoxon-Test angewendet werden sollte.

Tabelle 38: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz#***
1_6_1_6	Die Schülerinnen und Schüler vergessen viele der im vorangegangenen Unterricht erlernten Inhalte.	4,962	4,760	-0,202
1_6_3_1	Die Schülerinnen und Schüler haben kein oder nur wenig Interesse an den Inhalten des Chemieunterrichts.	5,308	5,231	-0,077
1_6_3_4	Die Schülerinnen und Schüler lernen chemische Inhalte nur kurzfristig (z. B. bis zum nächsten Test), ohne sie in größere Kontexte einzuordnen.	5,231	5,269	0,038
1_6_3_7	Die Schülerinnen und Schüler beherrschen die chemische Fachsprache nicht ausreichend.	4,769	4,846	0,077
1_6_3_9	Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich außerhalb des Unterrichts wenig mit Chemie.	4,346	4,038	-0,308
1_6_4_2	Den Schülerinnen und Schülern fehlen die kognitiven Fähigkeiten, abstrakte Sachverhalte, wie sie im Chemieunterricht unterrichtet werden, zu begreifen.	4,720	4,500	-0,220
1_6_4_8	Die Schülerinnen und Schülern lernen chemische Formeln und Reaktionsgleichungen nur auswendig, ohne sie zu verstehen.	5,500	5,231	-0,269*

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 39: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen
(1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)

Code	*Frage*	*Mittelwert Post-Test*	*Mittelwert Follow-up-Test*	*Differenz#*
1_6_1_6	Die Schülerinnen und Schüler vergessen viele der im vorangegangenen Unterricht erlernten Inhalte.	4,760	4,731	-0,029
1_6_3_1	Die Schülerinnen und Schüler haben kein oder nur wenig Interesse an den Inhalten des Chemieunterrichts.	5,231	4,846	-0,385
1_6_3_4	Die Schülerinnen und Schüler lernen chemische Inhalte nur kurzfristig (z. B. bis zum nächsten Test), ohne sie in größere Kontexte einzuordnen.	5,269	5,115	-0,154
1_6_3_7	Die Schülerinnen und Schüler beherrschen die chemische Fachsprache nicht ausreichend.	4,846	4,654	-0,192
1_6_3_9	Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich außerhalb des Unterrichts wenig mit Chemie.	4,038	4,115	0,077
1_6_4_2	Den Schülerinnen und Schülern fehlen die kognitiven Fähigkeiten, abstrakte Sachverhalte, wie sie im Chemieunterricht unterrichtet werden, zu begreifen.	4,500	4,346	-0,154
1_6_4_8	Die Schülerinnen und Schülern lernen chemische Formeln und Reaktionsgleichungen nur auswendig, ohne sie zu verstehen.	5,231	5,077	-0,154

#Differenz der Mittelwerte (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 40: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Stellenwert des Faches“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen
(1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)

Code	*Frage*	*Mittelwert Prä-Test*	*Mittelwert Post-Test*	*Differenz#*
1_6_1_2	Chemieunterricht findet oft in Randstunden des Stundenplans statt.	3,192	3,500	0,308
1_6_1_5	Das Fach Chemie wird mit einem verhältnismäßig geringen Stundenvolumen unterrichtet.	4,346	4,423	0,077
1_6_2_2	Chemie wird oft mit Begriffen wie „giftig“ oder „gefährlich“ in Verbindung gebracht.	3,692	3,769	0,077
1_6_2_4	Chemie gilt als "schwieriges" Fach.	4,231	4,038	-0,192
1_6_3_3	Das Schulfach Chemie wird als „Nebenfach“ weniger ernst genommen als die Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Fremdsprachen.	4,731	4,423	-0,308

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 41: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Stellenwert des Faches“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen
(1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)

Code	*Frage*	*Mittelwert Post-Test*	*Mittelwert Follow-up-Test*	*Differenz#*
1_6_1_2	Chemieunterricht findet oft in Randstunden des Stundenplans statt.	3,500	3,115	-0,385*
1_6_1_5	Das Fach Chemie wird mit einem verhältnismäßig geringen Stundenvolumen unterrichtet.	4,423	3,808	-0,615*
1_6_2_2	Chemie wird oft mit Begriffen wie „giftig“ oder „gefährlich“ in Verbindung gebracht.	3,769	3,923	0,154
1_6_2_4	Chemie gilt als "schwieriges" Fach.	4,038	3,692	-0,346
1_6_3_3	Das Schulfach Chemie wird als „Nebenfach“ weniger ernst genommen als die Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Fremdsprachen.	4,423	3,808	-0,615**

#Differenz der Mittelwerte (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 42: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz*** [#]
1_6_1_8	Im Unterricht werden vermenschlichende Umschreibungen chemischer Sachverhalte verwendet.	3,615	4,500	0,885**
1_6_2_1	Einige chemische Fachbegriffe sind mehrdeutig zu verstehen.	4,423	5,115	0,692**
1_6_2_6	Die Abstraktheit chemischer Sachverhalte erschwert ihr Verständnis.	5,231	5,154	-0,077
1_6_3_5	Im Unterricht werden Analogien und Metaphern aus dem Alltag verwendet.	4,077	4,462	0,385
1_6_3_6	Einige eingesetzte Modelle, Darstellungen und Abbildungen sind missverständlich.	4,923	5,423	0,500**
1_6_4_1	Die Chemie bedient sich mathematischer Grundlagen und Methoden, die Lernenden Schwierigkeiten bereiten.	4,115	4,231	0,115
1_6_4_4	Im Unterricht werden verschiedene Modelle eingesetzt, um gleiche oder sehr ähnliche Sachverhalte zu beschreiben.	3,577	4,346	0,769**
1_6_4_7	Die Bedeutung von (Fach-)Begriffen kann in verschiedenen Kontexten und zwischen Fächern variieren.	4,500	5,115	0,615**
1_6_4_9	Die didaktische Reduktion der fachchemischen Inhalte verstellt den Schülerinnen und Schülern den Blick auf das Wesentliche.	3,692	3,538	-0,154

[#]Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 43: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Post-Test***	***Mittelwert Follow-up-Test***	***Differenz*** [#]
1_6_1_8	Im Unterricht werden vermenschlichende Umschreibungen chemischer Sachverhalte verwendet.	4,500	4,423	-0,077
1_6_2_1	Einige chemische Fachbegriffe sind mehrdeutig zu verstehen.	5,115	5,192	0,077
1_6_2_6	Die Abstraktheit chemischer Sachverhalte erschwert ihr Verständnis.	5,154	5,192	0,038
1_6_3_5	Im Unterricht werden Analogien und Metaphern aus dem Alltag verwendet.	4,462	4,500	0,038
1_6_3_6	Einige eingesetzte Modelle, Darstellungen und Abbildungen sind missverständlich.	5,423	5,192	-0,231
1_6_4_1	Die Chemie bedient sich mathematischer Grundlagen und Methoden, die Lernenden Schwierigkeiten bereiten.	4,231	4,154	-0,077
1_6_4_4	Im Unterricht werden verschiedene Modelle eingesetzt, um gleiche oder sehr ähnliche Sachverhalte zu beschreiben.	4,346	5,000	0,654**
1_6_4_7	Die Bedeutung von (Fach-)Begriffen kann in verschiedenen Kontexten und zwischen Fächern variieren.	5,115	5,115	0,000
1_6_4_9	Die didaktische Reduktion der fachchemischen Inhalte verstellt den Schülerinnen und Schülern den Blick auf das Wesentliche.	3,538	3,962	0,423

[#]Differenz der Mittelwerte (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 44: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Lebenswelt der Lernenden“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz#***
1_6_1_1	Lebensweltliche Erfahrungen fördern Erklärungsmuster, die im Widerspruch zu fachwissenschaftlichen Erklärungsmustern stehen.	5,077	5,423	0,346
1_6_1_9	Die Schülerinnen und Schüler sehen nur wenige Bezüge zwischen ihrer Lebenswelt und den Unterrichtsinhalten.	4,962	4,808	-0,154
1_6_2_3	Die Bedeutung einiger chemischer Fachbegriffe stimmt nicht mit der Bedeutung desselben Begriffs in der Alltagssprache überein.	4,808	5,538	0,731**
1_6_2_9	Einige durch Medien erworbene Erfahrungen stehen im Widerspruch zu Unterrichtsinhalten.	4,654	4,846	0,192

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 45: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Lebenswelt der Lernenden“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Post-Test***	***Mittelwert Follow-up-Test***	***Differenz#***
1_6_1_1	Lebensweltliche Erfahrungen fördern Erklärungsmuster, die im Widerspruch zu fachwissenschaftlichen Erklärungsmustern stehen.	5,423	5,346	-0,077
1_6_1_9	Die Schülerinnen und Schüler sehen nur wenige Bezüge zwischen ihrer Lebenswelt und den Unterrichtsinhalten.	4,808	4,808	0,000
1_6_2_3	Die Bedeutung einiger chemischer Fachbegriffe stimmt nicht mit der Bedeutung desselben Begriffs in der Alltagssprache überein.	5,538	5,654	0,115
1_6_2_9	Einige durch Medien erworbene Erfahrungen stehen im Widerspruch zu Unterrichtsinhalten.	4,846	4,923	0,077

#Differenz der Mittelwerte (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 46: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items die der Kategorie „Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen (1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)				
Code	***Frage***	***Mittelwert Prä-Test***	***Mittelwert Post-Test***	***Differenz#***
1_6_1_10	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Biologieunterricht beeinflusst.	3,192	4,154	0,962**
1_6_1_3	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Mathematikunterricht beeinflusst.	2,769	2,885	0,115
1_6_2_5	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Deutschunterricht beeinflusst.	1,615	2,038	0,423
1_6_2_7	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Geographieunterricht beeinflusst.	1,692	2,000	0,308
1_6_3_2	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Physikunterricht beeinflusst.	4,115	4,923	0,808**
1_6_4_3	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Sportunterricht beeinflusst.	1,269	1,346	0,077

#Differenz der Mittelwerte (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 47: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

Bewertung: Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und fachlich falschen Vorstellungen
(1= nicht wichtig, 6 = sehr wichtig)

Code	*Frage*	*Mittelwert Post-Test*	*Mittelwert Follow-up-Test*	*Differenz*[#]
1_6_1_10	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Biologieunterricht beeinflusst.	4,154	3,731	-0,423
1_6_1_3	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Mathematikunterricht beeinflusst.	2,885	2,692	-0,192
1_6_2_5	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Deutschunterricht beeinflusst.	2,038	1,923	-0,115
1_6_2_7	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Geographieunterricht beeinflusst.	2,000	1,731	-0,269
1_6_3_2	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Physikunterricht beeinflusst.	4,923	4,115	-0,808**
1_6_4_3	Das Verständnis chemischer Inhalte wird durch Erfahrungen aus dem Sportunterricht beeinflusst.	1,346	1,385	0,038

[#]Differenz der Mittelwerte (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 48: Auswertung Aufgabe ST 2 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (Hierarchisierung der Oberkategorien) (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[(1)]	*Mittelwert im Post-Test*[(1)]	*Ergebnis Wilcoxon-Test*	*Differenz*[(2)]
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson	2,104	2,646	0,003	0,542**
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler	2,271	2,667	0,079	0,396*
Stellenwert des Faches	4,521	4,750	0,389	0,229
Schwierigkeiten innerhalb des Faches	3,125	3,271	0,474	0,146
Lebenswelt der Lernenden	3,521	2,938	0,016	-0,583**
Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern	5,458	4,729	0,003	-0,729**

(1) Likert-Skala: 1 (= bedeutsamste Kategorie) bis 5 (= die am wenigsten bedeutsame Kategorie).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 49: Auswertung Aufgabe ST 2 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (Hierarchisierung der Oberkategorien) (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[(1)]	*Mittelwert im Post-Test*[(1)]	*Ergebnis Wilcoxon-Test*	*Differenz*[(2)]
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson	2,077	2,846	0,003	0,769**
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler	2,000	2,538	0,100	0,538
Stellenwert des Faches	4,808	4,692	0,733	-0,115
Schwierigkeiten innerhalb des Faches	3,192	3,269	0,791	0,077
Lebenswelt der Lernenden	3,269	2,962	0,363	-0,308
Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern	5,654	4,692	0,009	-0,962**

(1) Likert-Skala: 1 (= bedeutsamste Kategorie) bis 5 (= die am wenigsten bedeutsame Kategorie).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 50: Auswertung Aufgabe ST 2 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (Hierarchisierung der Oberkategorien) (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Mittelwert im Post-Test[1]	*Mittelwert im Follow-up-Test*[1]	*Ergebnis Wilcoxon-Test*	*Differenz*[2]
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson	2,846	2,346	0,068	-0,500*
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler	2,538	2,115	0,110	-0,423
Stellenwert des Faches	4,692	5,462	0,014	0,769**
Schwierigkeiten innerhalb des Faches	3,269	3,577	0,276	0,308
Lebenswelt der Lernenden	2,962	2,577	0,170	-0,385
Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern	4,692	4,923	0,387	0,231

(1) Likert-Skala: 1 (= bedeutsamste Kategorie) bis 5 (= die am wenigsten bedeutsame Kategorie).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 51: Auswertung Aufgabe ST 3 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (unabhängige Bewertung der Oberkategorien) (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[1]	*Mittelwert im Post-Test*[1]	*Ergebnis t-Test*	*Differenz*[2]
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson	5,208	5,146	0,685	-0,063
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler	5,042	5,104	0,607	0,063
Stellenwert des Faches	3,146	3,083	0,767	-0,063
Schwierigkeiten innerhalb des Faches	4,167	4,438	0,145	0,271
Lebenswelt der Lernenden	4,125	4,771	0,002	0,646**
Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern	2,479	3,667	0,000	1,188**

(1) Likert-Skala: 1 (= unwichtig) bis 5 (= sehr wichtig).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 52: Auswertung Aufgabe ST 3 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (unabhängige Bewertung der Oberkategorien) (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[1]	*Mittelwert im Post-Test*[1]	*Ergebnis t-Test*	*Differenz*[2]
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson	5,308	5,038	0,244	-0,269
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler	5,231	5,231	1,000	0
Stellenwert des Faches	2,962	3,000	0,899	0,038
Schwierigkeiten innerhalb des Faches	4,077	4,577	0,045	0,5**
Lebenswelt der Lernenden	4,385	5,000	0,047	0,615**
Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern	2,577	3,885	0,000	1,308**

(1) Likert-Skala: 1 (= unwichtig) bis 5 (= sehr wichtig).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 53: Auswertung Aufgabe ST 3 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (unabhängige Bewertung der Oberkategorien) (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Mittelwert im Post-Test[1]	*Mittelwert im Follow-up-Test*[1]	*Ergebnis t-Test*	*Differenz*[2]
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson	5,038	5,154	0,600	0,115
Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler	5,231	5,308	0,770	0,077
Stellenwert des Faches	3,000	3,077	0,811	0,077
Schwierigkeiten innerhalb des Faches	4,577	4,038	0,016	-0,538**
Lebenswelt der Lernenden	5,000	4,731	0,459	-0,269
Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern	3,885	3,577	0,276	-0,308

(1) Likert-Skala: 1 (= unwichtig) bis 5 (= sehr wichtig).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 54: Auswertung Aufgabe ST 4.1 – Reaktionen auf eine fachlich falsche Antwort (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test*[1]	*Ergebnis McNemar-Test*[1]	*Differenz*[2]
Schüler seine Antwort erklären/begründen lassen.	7	16	11,5		0,035	9**
Schüler anregen, seine Überlegungen hinter der Antwort zu überdenken.	8	6	7,0		0,754	-2
Lehrer stellt gezielt Fragen, mit deren Hilfe der Schüler auf die richtige Antwort kommen kann.	5	3	4,0	0,714		-2
Lehrer gibt Hilfestellung/Impulse, mit deren Hilfe der Schüler auf die richtige Antwort kommen kann.	7	8	7,5		1,000	1
Lehrer äußert sich positiv (z. B. durch Lob), dass Schüler einen Beitrag geleistet hat.	3	6	4,5	0,486		3
Schüler nicht bloßstellen/demotivierende Reaktion (z. B. lachen).	5	6	5,5		1,000	1
Andere Schüler die Frage beantworten lassen (u. a. weitere Meldungen anhören).	17	25	21,0		0,096	8*
Andere Schüler ihre Antwort erklären/begründen lassen.	1	7	4,0	0,059		6*
Andere Schüler "helfen" dem ersten Schüler.	3	5	4,0	0,714		2
Andere Schüler nehmen Stellung zur ersten Antwort.	5	11	8,0		0,146	6
Lehrer weist auf Fehler hin.	5	2	3,5	0,435		-3
Lehrer erklärt, warum die Antwort falsch ist.	4	2	3,0	0,677		-2
Lehrer korrigiert die Antwort.	4	4	4,0	k. A.[3]		0
Lehrer gibt selbst die richtige Antwort und erklärt diese.	8	4	6,0		0,289	-4
Lehrer stellt gezielt Fragen, mit deren Hilfe (alle) Schüler auf die richtige Antwort kommen können.	1	2	1,5	1,000		1
Lehrer gibt Hilfestellung/Impulse, mit deren Hilfe (alle) Schüler auf die richtige Antwort kommen können.	3	7	5,0		0,344	4
Frage ist nicht (einfach) zu beantworten, da weder die Fragestellung noch die konkrete Antwort des Schülers genannt werden und/oder keine weiteren Informationen über den Schüler vorliegen.	1	5	3,0	0,204		4
Planung der nächsten Unterrichtsstunde, um die falsche Vorstellung zu widerlegen (wenn sie bei mehreren SuS auftritt).	0	1	0,5	1,000		1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; Der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 55: Auswertung Aufgabe ST 4.1 – Reaktionen auf eine fachlich falsche Antwort (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test*(1)	*Ergebnis McNemar-Test* (1)	*Differenz*(2)
Schüler seine Antwort erklären/begründen lassen.	5	10	4	0,092	7,5		0,227	5
Schüler anregen, seine Überlegungen hinter der Antwort zu überdenken.	4	3	6	0,311				-1
Lehrer stellt gezielt Fragen, mit deren Hilfe der Schüler auf die richtige Antwort kommen kann.	2	2	3	0,846				0
Lehrer gibt Hilfestellung/ Impulse mit deren Hilfe der Schüler auf die richtige Antwort kommen kann.	5	2	8	0,145				-3
Lehrer äußert sich positiv (z. B. durch Lob), dass Schüler einen Beitrag geleistet hat.	2	2	3	0,846				0
Schüler nicht bloßstellen/ demotivierende Reaktion (z. B. lachen).	2	2	3	0,819				0
Andere Schüler die Frage beantworten lassen (u. a. weitere Meldungen anhören).	11	12	11	0,943				1
Andere Schüler ihre Antwort erklären/ begründen lassen.	1	2	2	0,819				1
Andere Schüler "helfen" dem ersten Schüler.	2	2	2	1,000				0
Andere Schüler nehmen Stellung zur ersten Antwort.	3	7	4	0,273				4
Lehrer weist auf Fehler hin.	3	1	3	0,512				-2
Lehrer erklärt, warum die Antwort falsch ist.	1	1	1	1,000				0
Lehrer korrigiert die Antwort.	2	3	1	0,472				1
Lehrer gibt selbst die richtige Antwort und erklärt diese.	5	1	4	0,197				-4
Lehrer stellt gezielt Fragen, mit deren Hilfe (alle) Schüler auf die richtige Antwort kommen können.	1	2	0	0,223				1
Lehrer gibt Hilfestellung/ Impulse, mit deren Hilfe (alle) Schüler auf die richtige Antwort kommen können.	1	7	3	0,030	4,0	0,050		6**
Frage ist nicht (einfach) zu beantworten, da weder die Fragestellung noch die konkrete Antwort des Schülers genannt werden und/oder keine weiteren Informationen über den Schüler vorliegen.	1	4	1	0,165				3
Planung der nächsten Unterrichtsstunde, um die falsche Vorstellung zu widerlegen (wenn sie bei mehreren SuS auftritt).	0	1	0	0,368				1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 56: Auswertung Aufgabe ST 4.1 – Reaktionen auf eine fachlich falsche Antwort (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Schüler seine Antwort erklären/begründen lassen.	5	10	4	0,092	7,0		0,070	-6*
Schüler anregen, seine Überlegungen hinter der Antwort zu überdenken.	4	3	6	0,311				3
Lehrer stellt gezielt Fragen, mit deren Hilfe der Schüler auf die richtige Antwort kommen kann.	2	2	3	0,846				1
Lehrer gibt Hilfestellung/ Impulse, mit deren Hilfe der Schüler auf die richtige Antwort kommen kann.	5	2	8	0,145				6
Lehrer äußert sich positiv (z. B. durch Lob), dass Schüler einen Beitrag geleistet hat.	2	2	3	0,846				1
Schüler nicht bloßstellen/ demotivierende Reaktion (z. B. lachen).	2	2	3	0,819				1
Andere Schüler die Frage beantworten lassen (u. a. weitere Meldungen anhören).	11	12	11	0,943				-1
Andere Schüler ihre Antwort erklären/ begründen lassen.	1	2	2	0,819				0
Andere Schüler "helfen" dem ersten Schüler.	2	2	2	1,000				0
Andere Schüler nehmen Stellung zur ersten Antwort.	3	7	4	0,273				-3
Lehrer weist auf Fehler hin.	3	1	3	0,512				2
Lehrer erklärt, warum die Antwort falsch ist.	1	1	1	1,000				0
Lehrer korrigiert die Antwort.	2	3	1	0,472				-2
Lehrer gibt selbst die richtige Antwort und erklärt diese.	5	1	4	0,197				3
Lehrer stellt gezielt Fragen, mit deren Hilfe (alle) Schüler auf die richtige Antwort kommen können.	1	2	0	0,223				-2
Lehrer gibt Hilfestellung/ Impulse mit deren Hilfe (alle) Schüler auf die richtige Antwort kommen können.	1	7	3	0,030	5,0		0,125	-4
Frage ist nicht (einfach) zu beantworten, da weder die Fragestellung noch die konkrete Antwort des Schülers genannt werden und/oder keine weiteren Informationen über den Schüler vorliegen.	1	4	1	0,165				-3
Planung der nächsten Unterrichtsstunde, um die falsche Vorstellung zu widerlegen (wenn sie bei mehreren SuS auftritt).	0	1	0	0,368				-1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 57: Auswertung Aufgabe ST 4.2 – Reaktionen auf eine fachlich richtige Antwort (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test(1)*	*Differenz(2)*
Schüler für richtige Antwort loben.	26	18	22,0		0,021	-8**
Lehrer freut sich.	4	4	4,0	k. A.(3)		0
Lehrer bestätigt Richtigkeit der Antwort.	5	4	4,5	1,000		-1
Lehrer erklärt/erläutert die richtige Antwort.	4	2	3,0	0,677		-2
Überprüfen, ob Schüler das Prinzip verstanden oder "nur" auswendig gelernt hat.	2	1	1,5	1,000		-1
Inhalt in anderem Kontext und/oder anderem Anforderungsniveau erfragen.	3	3	3,0	k. A.(3)		0
Schüler seine Antwort erklären/begründen lassen.	7	14	10,5		0,092	7*
Überprüfen ob auch andere Schüler Antwort/den erfragten Inhalt verstanden haben.	8	11	9,5		0,508	3
Fragen aus der Klasse werden berücksichtigt.	1	0	0,5	1,000		-1
Frage an die Klasse, ob Inhalt verstanden wurde oder ob noch Fragen bestehen.	2	9	5,5		0,065	7*
Anderen Schüler dieselbe Frage beantworten lassen (z. B. weitere Meldungen).	9	17	13,0		0,077	8*
Anderen Schüler zur Antwort Stellung nehmen lassen.	3	1	2,0	0,617		-2
Anderen Schüler den Inhalt erklären lassen.	1	8	4,5	0,031		7**
Falsche Antwort der Parallelklasse nennen und diskutieren.	3	1	2,0	0,617		-2

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 58: Auswertung Aufgabe ST 4.2 – Reaktionen auf eine fachlich richtige Antwort (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Schüler für richtige Antwort loben.	14	11	9	0,121				-3
Lehrer freut sich.	1	2	0	0,223				1
Lehrer bestätigt Richtigkeit der Antwort.	3	1	2	0,549				-2
Lehrer erklärt/erläutert die richtige Antwort.	3	1	0	0,097	2,0	0,610		-2
Überprüfen ob Schüler das Prinzip verstanden oder "nur" auswendig gelernt hat.	0	0	0	k. A.				0
Inhalt in anderem Kontext und/oder anderem Anforderungsniveau erfragen.	1	0	1	0,607				-1
Schüler seine Antwort erklären/begründen lassen.	5	7	7	0,717				2
Überprüfen, ob auch andere Schüler Antwort/ den erfragten Inhalt verstanden haben.	3	6	4	0,368				3
Fragen aus der Klasse werden berücksichtigt.	0	0	0	k. A.(3)				0
Frage an die Klasse ob Inhalt verstanden wurde oder ob noch Fragen bestehen.	1	4	3	0,607				3
Anderen Schüler dieselbe Frage beantworten lassen	6	6	6	0,895				0

(z. B. weitere Meldungen).								
Anderen Schüler zur Antwort Stellung nehmen lassen.	0	1	0	0,368				1
Anderen Schüler den Inhalt erklären lassen.	1	2	1	0,779				1
Falsche Antwort der Parallelklasse nennen und diskutieren.	2	1	3	0,472				-1

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 59: Auswertung Aufgabe ST 4.2 – Reaktionen auf eine fachlich richtige Antwort (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Nennungen im Follow-up-Test*	*Cochran Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test(1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz(2)*
Schüler für richtige Antwort loben.	14	11	9	0,121				-2
Lehrer freut sich.	1	2	0	0,223				-2
Lehrer bestätigt Richtigkeit der Antwort.	3	1	2	0,549				1
Lehrer erklärt/erläutert die richtige Antwort.	3	1	0	0,097	0,5	1,000		-1
Überprüfen, ob Schüler das Prinzip verstanden oder "nur" auswendig gelernt hat.	0	0	0	k. A.(3)				0
Inhalt in anderem Kontext und/oder anderem Anforderungsniveau erfragen.	1	0	1	0,607				1
Schüler seine Antwort erklären/begründen lassen.	5	7	7	0,717				0
Überprüfen, ob auch andere Schüler Antwort/ den erfragten Inhalt verstanden haben.	3	6	4	0,368				-2
Fragen aus der Klasse werden berücksichtigt.	0	0	0	k. A.(3)				0
Frage an die Klasse, ob Inhalt verstanden wurde oder ob noch Fragen bestehen.	1	4	3	0,607				-1
Anderen Schüler dieselbe Frage beantworten lassen (z. B. weitere Meldungen).	6	6	6	0,895				0
Anderen Schüler zur Antwort Stellung nehmen lassen.	0	1	0	0,368				-1
Anderen Schüler den Inhalt erklären lassen.	1	2	1	0,779				-1
Falsche Antwort der Parallelklasse nennen und diskutieren.	2	1	3	0,472				2

(1) Fishers exakter Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 60: Auswertung Aufgabe ST 5 – Gewichtung Sozialformen (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[1]	*Mittelwert im Post-Test*[1]	*Ergebnis Wilcoxon-Test*	*Differenz*[2]
Einzelarbeit	3,083	2,875	0,229	-0,208
Partnerarbeit	3,063	2,479	0,008	-0,583**
Gruppenarbeit	2,667	2,938	0,325	0,271
vom Lehrer geleitetes Unterrichtsgespräch	2,396	2,271	0,625	-0,125
Lehrervortrag	3,792	4,125	0,209	0,333

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 61: Auswertung Aufgabe ST 5 – Gewichtung Sozialformen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[1]	*Mittelwert im Post-Test*[1]	*Ergebnis Wilcoxon-Test*	*Differenz*[2]
Einzelarbeit	2,962	2,846	0,542	-0,115
Partnerarbeit	3,077	2,654	0,170	-0,423
Gruppenarbeit	2,462	2,654	0,574	0,192
vom Lehrer geleitetes Unterrichtsgespräch	2,308	2,154	0,637	-0,154
Lehrervortrag	4,192	4,692	0,682	0,5

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 62: Auswertung Aufgabe ST 5 – Gewichtung Sozialformen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Mittelwert im Post-Test[1]	*Mittelwert im Follow-up-Test*[1]	*Ergebnis Wilcoxon -Test*	*Differenz*[2]
Einzelarbeit	2,846	2,808	0,870	-0,038
Partnerarbeit	2,654	2,308	0,175	-0,346
Gruppenarbeit	2,654	2,731	0,836	0,077
vom Lehrer geleitetes Unterrichtsgespräch	2,154	2,808	0,074	0,654*
Lehrervortrag	4,692	4,346	0,223	-0,346

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem Wilcoxon-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 63: Auswertung Aufgabe ST 6 – Bewertung Reaktionen von Lehrkräften (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[1]	*Mittelwert im Post-Test*[1]	*Ergebnis t-Test*	*Diffe-renz*[2]
Die Lehrperson erklärt den Sachverhalt noch einmal.	4,333	4,021	0,046	-0,313**
Die Lehrperson widerlegt die Vorstellung durch Vorführen eines Experiments.	5,667	5,500	0,146	-0,167
Die Lehrperson macht den Lernenden bewusst, dass es sich bei ihren Vorstellungen um fachlich falsche Vorstellungen handelt.	3,979	3,958	0,900	-0,021
Die Lehrperson eröffnet den Lernenden die Möglichkeit, sich über ihre Vorstellungen auszutauschen.	4,979	5,375	0,008	0,396**
Die Lehrperson zeigt den Lernenden den Widerspruch zwischen ihren Vorstellungen und der fachlich richtigen Vorstellung auf.	4,583	4,792	0,274	0,208
Die Lehrperson fordert die Schülerinnen und Schüler dazu auf, unklare Sachverhalte zu Hause zu recherchieren.	2,854	2,708	0,464	-0,146
Die Lehrperson gibt den Lernenden Gelegenheit, ihre Vorstellungen näher zu erläutern.	4,458	5,229	0,000	0,771**

Die Lehrperson bemüht sich, die Ursachen dieser Vorstellungen herauszufinden.	5,271	5,500	0,078	0,229*
Die Lehrperson lässt den Sachverhalt noch einmal durch einen Schüler oder eine Schülerin erklären.	4,479	4,667	0,229	0,188

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 64: Auswertung Aufgabe ST 6 – Bewertung Reaktionen von Lehrkräften (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[1]	*Mittelwert im Post-Test[1]*	*Ergebnis t-Test*	*Differenz[2]*
Die Lehrperson erklärt den Sachverhalt noch einmal.	4,385	4,154	0,266	-0,231
Die Lehrperson widerlegt die Vorstellung durch Vorführen eines Experiments.	5,808	5,654	0,366	-0,154
Die Lehrperson macht den Lernenden bewusst, dass es sich bei ihren Vorstellungen um fachlich falsche Vorstellungen handelt.	4,154	4,154	0,971	0
Die Lehrperson eröffnet den Lernenden die Möglichkeit, sich über ihre Vorstellungen auszutauschen.	5,154	5,538	0,040	0,385**
Die Lehrperson zeigt den Lernenden den Widerspruch zwischen ihren Vorstellungen und der fachlich richtigen Vorstellung auf.	4,923	5,154	0,280	0,231
Die Lehrperson fordert die Schülerinnen und Schüler dazu auf, unklare Sachverhalte zu Hause zu recherchieren.	3,154	2,769	0,169	-0,385
Die Lehrperson gibt den Lernenden Gelegenheit, ihre Vorstellungen näher zu erläutern.	4,462	5,423	0,000	0,962**
Die Lehrperson bemüht sich, die Ursachen dieser Vorstellungen herauszufinden.	5,269	5,692	0,025	0,423**
Die Lehrperson lässt den Sachverhalt noch einmal durch einen Schüler oder eine Schülerin erklären.	4,462	4,692	0,249	0,231

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 65: Auswertung Aufgabe ST 6 – Bewertung Reaktionen von Lehrkräften (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Mittelwert im Post-Test[1]	*Mittelwert im Follow-up-Test[1]*	*Ergebnis t-Test*	*Differenz[2]*
Die Lehrperson erklärt den Sachverhalt noch einmal.	4,154	4,154	1,000	0
Die Lehrperson widerlegt die Vorstellung durch Vorführen eines Experiments.	5,654	5,538	0,439	-0,115
Die Lehrperson macht den Lernenden bewusst, dass es sich bei ihren Vorstellungen um fachlich falsche Vorstellungen handelt.	4,154	4,462	0,222	0,308
Die Lehrperson eröffnet den Lernenden die Möglichkeit, sich über ihre Vorstellungen auszutauschen.	5,538	5,423	0,448	-0,115
Die Lehrperson zeigt den Lernenden den Widerspruch zwischen ihren Vorstellungen und der fachlich richtigen Vorstellung auf.	5,154	5,423	0,106	0,269
Die Lehrperson fordert die Schülerinnen und Schüler dazu auf, unklare Sachverhalte zu Hause zu recherchieren.	2,769	3,231	0,115	0,462°
Die Lehrperson gibt den Lernenden Gelegenheit, ihre Vorstellungen näher zu erläutern.	5,423	5,269	0,392	-0,154
Die Lehrperson bemüht sich, die Ursachen dieser Vorstellungen herauszufinden.	5,692	5,692	1,000	0
Die Lehrperson lässt den Sachverhalt noch einmal durch einen Schüler oder eine Schülerin erklären.	4,692	4,692	0,981	0

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
° Bezüglich dieses Items kam es zu einer Abweichung zwischen dem zweiseitigen t-Test (signifikant auf 10 % Niveau) und dem ebenfalls zweiseitigen Wilcoxon-Test (nicht signifikant). Für diesen Fall wurde festgelegt, dass der Wilcoxon-Test angewendet werden sollte.

Tabelle 66: Auswertung Aufgabe ST 7 – Bewertung ausgewählter Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und Begründungen (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[1]	*Mittelwert im Post-Test*[1]	*Ergebnis t-Test*	*Differenz*[2]
Alltagserfahrungen	5,208	5,167	0,808	-0,042
Alltagssprache	3,938	4,688	0,010	0,750**
Aus Medien erhaltene Informationen	4,583	4,438	0,469	-0,146
Erfahrungen im Chemieunterricht	5,063	5,042	0,903	-0,021
Erfahrungen in anderen Unterrichtsfächern	3,042	3,583	0,021	0,542**

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 67: Auswertung Aufgabe ST 7 – Bewertung ausgewählter Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und Begründungen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests)

	Mittelwert im Prä-Test[1]	*Mittelwert im Post-Test*[1]	*Ergebnis t-Test*	*Differenz*[2]
Alltagserfahrungen	5,269	5,500	0,207	0,231
Alltagssprache	4,038	5,115	0,007	1,077**
Aus Medien erhaltene Informationen	4,462	4,577	0,709	0,115
Erfahrungen im Chemieunterricht	5,231	5,231	1,000	0
Erfahrungen in anderen Unterrichtsfächern	3,038	3,500	0,161	0,462

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 68: Auswertung Aufgabe ST 7 – Bewertung ausgewählter Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und Begründungen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests)

	Mittelwert im Post-Test[1]	*Mittelwert im Follow-up-Test*[1]	*Ergebnis t-Test*	*Differenz*[2]
Alltagserfahrungen	5,500	5,538	0,852	0,038
Alltagssprache	5,115	5,154	0,887	0,038
Aus Medien erhaltene Informationen	4,577	4,654	0,739	0,077
Erfahrungen im Chemieunterricht	5,231	5,423	0,134	0,192
Erfahrungen in anderen Unterrichtsfächern	3,500	3,577	0,746	0,077

(1) Likert-Skala: 1 (= sehr häufig) bis 5 (= sehr selten).
(2) Differenz der Mittelwerte der Likert-Skala (Follow-up- abzgl. Post-Test); Signifikanz nach zweiseitigem t-Test, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.

Tabelle 69: Auswertung Interview – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test*[1]	*Ergebnis McNemar-Test*[1]	*Differenz*[2]
Eigenschaften, Motivationen und Handlungsweisen der Lehrperson	14	14	14,0		k. A.[3]	0
* nicht motiviert	3	3	3,0	k. A.[3]		0
* erklärt nicht gut	1	3	2,0	0,607		2
* gestaltet den Unterricht langweilig	3	2	2,5	1,000		-1
* Sprache des Lehrers	0	4	2,0	0,108		4
* Lehrer hat selbst falsche Vorstellungen	1	1	1,0	k. A.[3]		0
* fehlendes Fachwissen des Lehrers (auch didaktisches) → Mangel in Ausbildung	3	2	2,5	1,000		-1

* geht nicht genug auf seine Schüler ein	1	2	1,5	1,000		1
* schlechte Vermittlung der Inhalte	8	5	6,5		0,508	-3
* schlechte Unterrichtsvorbereitung	1	2	1,5	1,000		1
Eigenschaften, Motivationen und Handlungsweisen des Schülers	17	17	17,0		k. A.(3)	0
* nicht motiviert/keine Lust	6	10	8,0		0,344	4
* nicht interessiert	5	7	6,0		0,774	2
* nicht konzentriert	1	0	0,5	1,000		-1
* fehlender Alltagsbezug/Lebensweltbezug	5	3	4,0	0,698		-2
* Resignation ("verstehe ich nicht")	2	4	3,0	0,664		2
* mangelndes (Vor-)Wissen	3	3	3,0	k. A.(3)		0
* negative Einstellung zu Naturwissenschaften	0	0	0,0	k. A.(3)		0
* negative Einstellung zu Chemie	5	6	5,5		1	1
* Schüler lernt Inhalte nur auswendig ohne zu verstehen	0	0	0,0	k. A.(3)		0
* kognitive Fähigkeiten	3	3	3,0	k. A.(3)		0
* Schüler lernt nicht für das Fach	2	2	2,0	k. A.(3)		0
Stellenwert des Faches	9	7	8,0		0,754	-2
* gesellschaftlich (negative Haltung gegenüber Chemie)	5	1	3,0	0,185		-4
* gesellschaftlich (Chemie als gefährlich, giftig, ...)	1	3	2,0	0,607		2
* in der Schule (z. B. Nebenfach, Randstunden, ...)	4	4	4,0	k. A.(3)		0
Schwierigkeiten innerhalb des Faches/ Unterrichts	19	18	18,5		1	-1
* Komplexität/Schwierigkeit des Inhaltes/ Abstraktheit	9	9	9,0		k. A.(3)	0
* Modelle	3	7	5,0		0,289	4
* Abbildungen	2	6	4,0	0,240		4
* Fachsprache	2	4	3,0	0,664		2
* schlechte Qualität der Unterrichtsmaterialien	5	2	3,5	0,412		-3
* Merksätze	0	2	1,0	0,488		2
* Didaktische Reduktion	1	2	1,5	1,000		1
* Kumulativer Aufbau (Spiralcurriculum)	3	0	1,5	0,233		-3
* Lehrplan	1	0	0,5	1,000		-1
* Experimente (nicht gelungen oder falsch verstanden)	0	4	2,0	0,108		4
* Animismen und Anthropomorphismen	0	1	0,5	1,000		1
* Unterricht ist zu theorielastig	3	0	1,5	0,233		-3
Lebenswelt der Lernenden	5	17	11,0		0	12**
* Alltagserfahrungen	1	12	6,5		0,001	11**
* Alltagssprache vs. Fachsprache	0	12	6,0		0	12**
* Medien	1	7	4,0	0,046		6**
* Einfluss anderer Schüler/Einfluss Umwelt	4	8	6,0		0,289	4
Erfahrungen aus anderen Unterrichtsfächern (Einfluss anderer Fächer)	8	12	10,0		0,289	4
* allgemein	0	2	1,0	0,488		2
* Physik	5	7	6,0		0,754	2
* Biologie	2	3	2,5	1,000		1
* Mathematik	5	3	4,0	0,698		-2

(1) Der Fishers exakte Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 70: Auswertung Interview – Diagnose von Schülervorstellungen

	Nennungen im Prä-Test	Nennungen im Post-Test	Errechnete Häufigkeit	Ergebnis Fishers exakter Test (1)	Ergebnis McNemar-Test (1)	Differenz (2)
Möglichkeiten, fachlich falsche Vorstellungen zu erkennen						
* Gespräche mit Schülern	4	4	4,0	k. A.(3)		0
* Tests oder Klassenarbeiten	10	6	8,0		0,289	-4
* Hausaufgaben kontrollieren	2	2	2,0	k. A.(3)		0
* Schriftliche Ergebnisse (aus Einzelarbeitsphasen)	5	7	6,0		0,687	2
* offene Fragen formulieren	3	1	2,0	0,607		-2
* Schüleraussagen im Unterricht(sgespräch)	7	4	5,5		0,453	-3
* Fragebogen	1	11	6,0		0,002	10**
* Interview	1	5	3,0	0,185		4
* Diagnoseaufgaben	1	8	4,5	0,021		7**
* Schüler ihre Vorstellungen zeichnen lassen	2	8	5,0		0,07	6*
* Schüler ihre Vorstellungen erklären lassen	5	10	7,5		0,18	5
* Schüler ihre Vorstellungen als Theaterstück darstellen lassen	1	0	0,5	1,000		-1
* Schüler ihre Antworten begründen lassen	2	4	3,0	0,664		2
* Beobachtung des Unterrichtsverlaufs	3	5	4,0	0,698		2
* Lehrer sollte Gespür für fachlich falsche Vorstellungen entwickeln	0	1	0,5	1,000		1
* Einsatz von Videografie	0	2	1,0	0,488		2
* Schüler mit empirisch gefundenen Vorstellungen konfrontieren und Reaktion beobachten	0	2	1,0	0,488		2
* Lehrer fragt Schüler/Nachfragen	8	5	6,5		0,508	-3
* Lehrer hält sich selbst zurück	1	1	1,0	k. A.(3)		0

(1) Der Fishers exakte Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden

Tabelle 71: Auswertung Interview – Umgangsweisen mit Schülervorstellungen

	Nennungen im Prä-Test	Nennungen im Post-Test	Errechnete Häufigkeit	Ergebnis Fishers exakter Test (1)	Ergebnis McNemar-Test (1)	Differenz (2)
Möglichkeiten, mit fachlich falschen Vorstellungen umzugehen						
* (noch einmal) erklären	9	9	9,0		k. A.(3)	0
* Thema erneut besprechen	1	3	2,0	0,607		2
* andere Schüler Sachverhalt erklären lassen	7	9	8,0		0,754	2
* geeignete/andere Experimente	9	18	13,5		0,012	9**
* geeignete/andere Modelle	2	7	4,5	0,132		5
* geeignetes/anderes Beispiel	2	0	1,0	0,488		-2
* geeignete/andere Abbildung	0	5	2,5	0,048		5**
* Anregen einer Diskussion, die Vorstellungen thematisiert	2	6	4,0	0,240		4
* Schüler zum Denken anregen	4	8	6,0		0,344	4
* Lehrer gibt Impulse/Hilfestellung, damit Schüler selbst auf die richtige Lösung kommt	3	7	5,0		0,289	4
* Alltagsbezug herstellen	4	1	2,5	0,345		-3
* Schüler mit (empirisch gefundenen) Vorstellungen konfrontieren	1	0	0,5	1,000		-1
* „choice2learn“	0	3	1,5	0,233		3
* Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren	0	1	0,5	1,000		1
* START-Konzept	0	1	0,5	1,000		1
* weiter Konzepte (z. B. Forschendes Lernen...)	0	1	0,5	1,000		1
* Individuelle Förderung (z. B. spezielle Übungsaufgaben)	3	0	1,5	0,233		-3
* Einzelarbeit → individuelle Vorstellungen erfahren	0	0	0,0	k. A.(3)		0
* Offene Lernatmosphäre schaffen	0	0	0,0	k. A.(3)		0

* Nachhilfe veranlassen	1	0	0,5	1,000		-1
* positive Reaktion auch auch fachlich falschen Antworten	1	4	2,5	0,345		3
* Lehrer gibt selbst die Lösung vor	4	4	4,0	k. A.(3)		0
* keine Antwort	0	0	0,0	k. A.(3)		0

(1) Der Fishers exakte Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden

Tabelle 72: Auswertung Interview – Schülervorstellungen vorbeugen

	Nennungen im Prä-Test	*Nennungen im Post-Test*	*Errechnete Häufigkeit*	*Ergebnis Fishers exakter Test (1)*	*Ergebnis McNemar-Test (1)*	*Differenz (2)*
* selbst auf Fachsprache achten/Fachbegriffe einheitlich verwenden	4	8	6,0		0,289	4
* Abbildungen sorgfältig auswählen (ggf. abändern)	0	7	3,5	0,009		7**
* Modelle sorgfältig auswählen	1	4	2,5	0,325		3
* Experimente sorgfältig auswählen	1	3	2,0	0,607		2
* Einsatz von Experimenten	2	2	2,0	k. A.(3)		0
* Diagnose von Vorstellungen und Vorwissen vor Unterrichtsplanung	2	1	1,5	1,000		-1
* Berücksichtigung von SV und Vorwissen für die Unterrichtsplanung	3	5	4,0	0,698		2
* Kenntnisse über "klassische" Fehlerquellen	1	1	1,0	k. A.(3)		0
* Lehrer sollte Infos über das Umfeld der Schüler haben, um dieses zu berücksichtigen	1	1	1,0	k. A.(3)		0
* gute Unterrichtsplanung	7	3	5,0		0,219	-4
* Modellkritik mit Schülern thematisieren	2	9	5,5		0,016	7**
* Animismen und Anthropomorphismen als solche besprechen	0	1	0,5	1,000		1
* Angemessenes Tempo des Unterrichts (nicht zu schnell!)	1	0	0,5	1,000		-1
* Klare Strukturierung des Unterrichts	3	3	3,0	k. A.(3)		0
* Reduktion sorgfältig überdenken	1	1	1,0	k. A.(3)		0
* Schüler erarbeitet sich Inhalt selbstständig	1	0	0,5	1,000		-1
* Fähigkeit, spontan reagieren zu können	1	0	0,5	1,000		-1
* Mehrdeutigkeiten von Begriffen mit Schülern thematisieren	0	2	1,0	0,488		2
* Lehrer muss Stoff selbst sicher beherrschen/gute Lehrerausbildung	1	1	1,0	k. A.(3)		0
* Alltagsbezug herstellen	2	0	1,0	0,488		-2
* geeignete Beispiele wählen	1	0	0,5	1,000		-1
* gut erklären	4	1	2,5	0,345		-3
* keine Antwort	2	1	1,5	1,000		-1

(1) Der Fishers exakte Test und der McNemar-Test wurden als zweiseitige Signifikanztests berechnet.
(2) Differenz der Nennungen (Post- abzgl. Prä-Test); Signifikanz nach zweiseitigen Tests, wobei * = signifikant auf 10 % Niveau und ** = signifikant auf 5 % Niveau.
(3) k. A. = keine Angabe; der Test konnte nicht berechnet werden.

Tabelle 73: Wichtigster Seminarinhalt

Aussage / Code	*Anzahl Nennungen*
Arbeit mit Schülern	**13**
* Arbeit mit Schülern allgemein	4
* Planung/Vorbereitung von Unterrichtssequenz(en)	9
* Durchführung von Unterrichtssequenz	6
* Auswertung der Unterrichtssequenz	1
Schülervorstellungen	**11**
* Schülervorstellungen allgemein	4
* Bedeutung von Vorstellungen für das Lehrerhandeln	2
* Anzahl der kennengelernten Vorstellungen	2

* Diagnose von Schülervorstellungen	3
* Umgangsweisen mit Schülervorstellungen	3
Unterrichtskonzepte und Unterrichtsverfahren	**4**
* Unterrichtskonzepte und Unterrichtsverfahren allgemein	1
* Forschend-entwickelnder Unterricht	2
* Chemie im Kontext	2
* „choice2learn“	1
* Historisch-problemorientierter Unterricht	2
Methoden	**11**
Kritische Betrachtung von Modellen	**1**
Videografie	**1**
Veränderung der Lehrerrolle	**1**
Inhalte, um guten Unterricht zu machen	**1**

Tabelle 74: Überraschende Inhalte des Seminars

Aussage / Code	***Anzahl Nennungen***
Schülervorstellungen allgemein	6
Auswirkungen von Modellen/Abbildungen auf das Verständnis	3
Vielzahl der Ursachen von Schülervorstellungen	2
Tatsache, dass hinter einer richtigen Antwort eine falsche Vorstellung stehen kann	1
Wie schwer Theorie zu Schülervorstellungen umgesetzt werden kann	1
Kreativität von Schülerinnen und Schülern bezüglich Vorstellungen	1
richtige Antwort trotz falscher Begründung	1
Zusammenwirken von Unterrichtsfächern für die Ausbildung von Verständnisschwierigkeiten	1
Etherpad	2
Arbeitsgeschwindigkeit der Schüler in Praxisphase	1
Konstruktivistische Theorie des Lernens	1
Unterrichtsverfahren (forschend-entwickelndes und kontextorientiertes Lernen)	1
kein überraschender Inhalt	3

Tabelle 75: Erwartete Folgen für Lehrtätigkeit

Aussage / Code	***Anzahl Nennungen***
Erwarten Sie, dass sich die in diesem Seminar erlernten Inhalte auf Ihre Tätigkeit als Lehrerin/Lehrer auswirken?	
JA	22
* Ja (stark)	10
* Ja	10
* Ja (schwach)	2
NEIN	0
Wenn ja, wie?	
Stärkere Schülerorientierung	**5**
* stärkere Schülerorientierung allgemein (Schüler im Mittelpunkt)	2
* stärkere Schüleraktivierung	1
* Schüler individuell fördern	2
* mehr offene Unterrichtsformen	1
Veränderte Unterrichtsvorbereitung	**3**
* veränderte Unterrichtsvorbereitung allgemein	1
* verstärkte Unterrichtsvorbereitung	1
* mehr Informationen über Schülervorstellungen einholen (Literatur)	1
* mehr Zeit aufwenden	1

Weniger Lehrerorientierter Unterricht	**3**
* weniger lehrerorientierter Unterricht allg.	1
* weniger Lehrergesteuertes Unterrichtsgespräch/Frontalunterricht	2
Gelernte Methoden anwenden	**10**
Gelernte Unterrichtskonzepte anwenden	**5**
Mehr Partnerarbeit/Gruppenarbeit einsetzen	**1**
Kenntnisse und Fähigkeiten im Kontext über Schülervorstellungen anwenden	**13**
* Schülervorstellungen erkennen	4
* Schülervorstellungen berücksichtigen	11
* Ursachen von Schülervorstellungen erkennen	1
* Ursachen von Schülervorstellungen berücksichtigen	1
* Umgangsweisen mit Schülervorstellungen anwenden	4
* Umgangsweisen mit Schülervorstellungen entwickeln	1
Spaß an der Chemie vermitteln	**1**
Alltagsbezüge herstellen	**1**
Unterricht anders strukturieren	**1**
Umlernen vermeiden	**1**
Videografie	**1**
mehr Gedanken machen über Vermittlung	**9**

Tabelle 76: Bewertung Videografie

Aussage / Code	*Anzahl Nennungen*
Bewertung der Videografie	
* positiv	8
* eher positiv	10
* eher negativ	2
* negativ	1
Wurde der Student durch den Einsatz der Kameras insofern beeinflusst, dass er sich anders verhalten hätte als dies ohne Kameras der Fall gewesen wäre? (Selbsteinschätzung)	
* ja	4
* ja, aber nur bis er die Kameras vergessen hatte	7
* nein, aber er hat die Kamera zu Beginn bemerkt	2
* nein	6
Welche Erkenntnisse wurden aus der Analyse der Videos gezogen?	
* Erkenntnisse über das eigene Lehrerhandeln	15
** Sprache/Ausdrucksweisen	9
** Gestik und/oder Mimik/Körpersprache	8
** Verhalten gegenüber Schülern	5
*Erkenntnisse über die Schüler	14
** Verhalten der Schüler	7
** Umgang der Schüler mit den Unterrichtsmaterialien	3
** thematische Diskussionen oder Argumentationen der Schüler	9
Würde der Student in Zukunft noch einmal an einer Videografie teilnehmen?	
* ja	18
*nein	2

Tabelle 77: Bewertung des Seminars: „Was hat Ihnen gut gefallen?“

Aussage / Code	*Anzahl Nennungen*
Erwartungen an das Seminar wurden erfüllt	3
Praktische Arbeit mit Schülern/Besuch der Schüler	14
Hohe (Eigen-)Aktivität der Studierenden	9
Direkte Anbindung der Themen an Unterricht/Vorbereitung auf spätere Lehrtätigkeit	8
Gruppenarbeitsphasen/Arbeit mit anderen Studenten	2
Diskussionen	1
Impulsfragen	2
Gute Gliederung/Strukturierung des Seminars	9
Dauer des Seminars (zwei Doppelstunden)	2
Fragen der Studierenden wurden umfassend beantwortet	2
Freie Partnerwahl für Unterrichtsstunde	1
Neue Methoden kennengelernt	6
Videografie	1
konstruktive Kritik und Verbesserungsvorschläge	2
Angenehmen Arbeitsatmosphäre	5

Tabelle 78: Bewertung des Seminars: „Was hat Ihnen nicht so gut gefallen?“

Aussage / Code	*Anzahl Nennungen*
Impulsfragen	12
Umfang des Fragebogens	1
Dauer des Seminars (zwei Doppelstunden)	4
Mischung von Studenten des 3. und 5. Semesters in einem Seminar	3
Wenig Kontakt der Studierenden mit ihnen vor der Veranstaltung unbekannten Studierenden	2
Freie Partnerwahl für Unterrichtsstunde	2
Etherpad	1
Theorien praktischer vermitteln	1

Tabelle 79: Bewertung des Seminars: „Was hat Ihnen das Seminar gebracht?“

Aussage / Code	*Anzahl Nennungen*
Neue Methoden kennen gelernt	10
Schülervorstellungen kennen gelernt	6
Schülervorstellungen erkennen/diagnostizieren	4
Umgangsweisen mit Schülervorstellungen	5
Ursachen von Schülervorstellungen	1
Bedeutung von Schülervorstellungen ist bewusst geworden	2
Unterrichtsverfahren/Unterrichtskonzepte	4
Unterrichtseinstiege	1
Unterrichtsplanung	8
Vorbereitung auf Lehrtätigkeit in der Schule	3
Forschendes Lernen	3

Anhang E. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Strukturmodell Design-Based Research 11
Abbildung 2: „Quadrant-Model of Scientific Research" nach Stokes.....17
Abbildung 3: Strukturmodell Design-Based Research 31
Abbildung 4: Notwendige Wissenselemente und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen 43
Abbildung 5: Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt 97
Abbildung 6: “Model of the Process of Teacher Change” nach Guskey.....105
Abbildung 7: Säulen der Seminareinheit und zeitlicher Ablauf 126
Abbildung 8: Selbsteinschätzung des fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Vorwissens der Studierenden im Sommersemester 2013 159
Abbildung 9: Selbsteinschätzung des fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Vorwissens der Studierenden im Wintersemester 2013/14.....161
Abbildung 10: Der Learning Cycle im Format des Forschungsprozesses nach Wildt 164
Abbildung 11: Schematische Darstellung des Seminarverlaufs analog zum Learning Cycle.....166
Abbildung 12: Übersicht über ausgewählte Ursachen für Schülervorstellungen ..171
Abbildung 13: Schematische Darstellung des Forschenden Lernens im Kontext der Diagnose von Schülervorstellungen 172
Abbildung 14: Schematische Darstellung der Kamerapositionen 180
Abbildung 15: Grafische Darstellung der Nennungen zu fachlich falschen Antworten, die den Verdampfungsprozess von Vanillin beschreiben 202
Abbildung 16: Grafische Darstellung der genannten Ursachen zu fachlichen falschen Vorstellungen zum Lösungsvorgang von Saccharose 210
Abbildung 17: Anzahl der Nennungen verschiedener Ursachen zu Verständnisschwierigkeiten.....254
Abbildung 18: Nennungen für wichtigste Seminarinhalte.....259
Abbildung 19: Grafische Darstellung der Theoriebildung 299

Anhang F. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der Ergebnisse aller Items (Prä- und Post-Test, Gesamtgruppe), die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson“ zugeordnet wurden 224
Tabelle 2: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler“ zugeordnet wurden 226
Tabelle 3: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Stellenwert des Faches“ zugeordnet wurden 228
Tabelle 4: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ zugeordnet wurden 229
Tabelle 5: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Lebenswelt der Lernenden“ zugeordnet wurden 230
Tabelle 6: Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer “ zugeordnet wurden.....232
Tabelle 7: Unterrichtsverlaufsplan Portfolio A.....273
Tabelle 8: Unterrichtsverlaufsplan Portfolio B.....276
Tabelle 9: Auswertung Aufgabe FF 1.1 – Fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 352
Tabelle 10: Auswertung Aufgabe FF 1.1 – Fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 352
Tabelle 11: Auswertung Aufgabe FF 1.1 – Fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests).....353
Tabelle 12: Auswertung Aufgabe FF 1.2 – Ursachen für fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 354
Tabelle 13: Auswertung Aufgabe FF 1.2 – Ursachen für fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä-und Post-Tests).....355
Tabelle 14: Auswertung Aufgabe 1.2 – Ursachen für fachlich falsche Antworten zum Verdampfen von Vanillin (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests).....355

Tabelle 15: Auswertung Aufgabe FF 2 – Verbrennung von Eisenwolle (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 356
Tabelle 16: Auswertung Aufgabe FF 2 – Verbrennung von Eisenwolle (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests).....357
Tabelle 17: Auswertung Aufgabe FF 2 – Verbrennung von Eisenwolle (Gruppe Prä-, Post und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests).....358
Tabelle 18: Auswertung Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 359
Tabelle 19: Auswertung Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 359
Tabelle 20: Auswertung Aufgabe FF 3 – Lösungsvorgang von Saccharose (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post-und Follow-up-Tests)..360
Tabelle 21: Auswertung Aufgabe FF 4 – Stromfluss in wässriger Lösung (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 360
Tabelle 22: Auswertung Aufgabe FF 4 – Stromfluss in wässriger Lösung (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 361
Tabelle 23: Auswertung Aufgabe FF 4 – Stromfluss in wässriger Lösung (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests).362
Tabelle 24: Auswertung Aufgabe FF 5.1 – Zucker in Wasser gelöst -Ursachen (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 363
Tabelle 25: Auswertung Aufgabe FF 5.1 – Zucker in Wasser gelöst – Ursachen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 363
Tabelle 26: Auswertung Aufgabe FF 5.1 – Zucker in Wasser gelöst – Ursachen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 364
Tabelle 27: Auswertung Aufgabe FF 5.2 – Zucker in Wasser gelöst – Umgangsweisen (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests).....364
Tabelle 28: Auswertung Aufgabe FF 5.2 – Zucker in Wasser gelöst – Umgangsweisen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 365
Tabelle 29: Auswertung Aufgabe FF 5.2 – Zucker in Wasser gelöst – Umgangsweisen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 365
Tabelle 30: Auswertung Aufgabe FF 6 – Begriffe im Wandel am Beispiel Oxidation und Reduktion (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 366

Tabelle 31: Auswertung Aufgabe FF 6 – Begriffe im Wandel am Beispiel Oxidation und Reduktion (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 366
Tabelle 32: Auswertung Aufgabe FF 6 – Begriffe im Wandel am Beispiel Oxidation und Reduktion (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 366
Tabelle 33: Auswertung Aufgabe FF 7 –Teilchen-Begriff (Gesamtgruppe; Auswertung der Prä- und Post-Tests).....367
Tabelle 34: Auswertung Aufgabe FF 7 – Teilchen-Begriff (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests).....367
Tabelle 35: Auswertung Aufgabe FF 7 – Teilchen-Begriff (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 368
Tabelle 36: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests).....368
Tabelle 37: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Lehrperson“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 369
Tabelle 38: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 369
Tabelle 39: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Eigenschaften, Motivationen und Verhaltensweisen der Schülerinnen und Schüler“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 370
Tabelle 40: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Stellenwert des Faches“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests).....370
Tabelle 41: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Stellenwert des Faches“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 370
Tabelle 42: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ zugeordnet wurden

(Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 371
Tabelle 43: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Schwierigkeiten innerhalb des Faches“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 371
Tabelle 44: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Lebenswelt der Lernenden“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests).....372
Tabelle 45: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Lebenswelt der Lernenden“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 372
Tabelle 46: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items die der Kategorie „Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Prä- und Post-Tests) 372
Tabelle 47: Auswertung Aufgabe ST 1 – Darstellung der Ergebnisse aller Items, die der Kategorie „Einfluss anderer (Unterrichts-)Fächer“ zugeordnet wurden (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test; Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 373
Tabelle 48: Auswertung Aufgabe ST 2 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (Hierarchisierung der Oberkategorien) (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests) 373
Tabelle 49: Auswertung Aufgabe ST 2 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (Hierarchisierung der Oberkategorien) (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests).....373
Tabelle 50: Auswertung Aufgabe ST 2 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (Hierarchisierung der Oberkategorien) (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 374
Tabelle 51: Auswertung Aufgabe ST 3 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (unabhängige Bewertung der Oberkategorien) (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests) 374
Tabelle 52: Auswertung Aufgabe ST 3 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (unabhängige Bewertung der Oberkategorien) (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests).....374

Tabelle 53: Auswertung Aufgabe ST 3 – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten (unabhängige Bewertung der Oberkategorien) (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 375
Tabelle 54: Auswertung Aufgabe ST 4.1 – Reaktionen auf eine fachlich falsche Antwort (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests).....375
Tabelle 55: Auswertung Aufgabe ST 4.1 – Reaktionen auf eine fachlich falsche Antwort (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests) 376
Tabelle 56: Auswertung Aufgabe ST 4.1 – Reaktionen auf eine fachlich falsche Antwort (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 377
Tabelle 57: Auswertung Aufgabe ST 4.2 – Reaktionen auf eine fachlich richtige Antwort (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests).....378
Tabelle 58: Auswertung Aufgabe ST 4.2 – Reaktionen auf eine fachlich richtige Antwort (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests) 378
Tabelle 59: Auswertung Aufgabe ST 4.2 – Reaktionen auf eine fachlich richtige Antwort (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 379
Tabelle 60: Auswertung Aufgabe ST 5 – Gewichtung Sozialformen (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests).....380
Tabelle 61: Auswertung Aufgabe ST 5 – Gewichtung Sozialformen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests).....380
Tabelle 62: Auswertung Aufgabe ST 5 – Gewichtung Sozialformen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 380
Tabelle 63: Auswertung Aufgabe ST 6 – Bewertung Reaktionen von Lehrkräften (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests) 380
Tabelle 64: Auswertung Aufgabe ST 6 – Bewertung Reaktionen von Lehrkräften (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests) 381
Tabelle 65: Auswertung Aufgabe ST 6 – Bewertung Reaktionen von Lehrkräften (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 381
Tabelle 66: Auswertung Aufgabe ST 7 – Bewertung ausgewählter Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und Begründungen (Gesamtgruppe, Auswertung der Prä- und Post-Tests) 382

Tabelle 67: Auswertung Aufgabe ST 7 – Bewertung ausgewählter Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und Begründungen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Prä- und Post-Tests).....382
Tabelle 68: Auswertung Aufgabe ST 7 – Bewertung ausgewählter Ursachen von Verständnisschwierigkeiten und Begründungen (Gruppe Prä-, Post- und Follow-up-Test, Auswertung der Post- und Follow-up-Tests) 382
Tabelle 69: Auswertung Interview – Ursachen von Verständnisschwierigkeiten .382
Tabelle 70: Auswertung Interview – Diagnose von Schülervorstellungen 384
Tabelle 71: Auswertung Interview – Umgangsweisen mit Schülervorstellungen .384
Tabelle 72: Auswertung Interview – Schülervorstellungen vorbeugen.....385
Tabelle 73: Wichtigster Seminarinhalt 385
Tabelle 74: Überraschende Inhalte des Seminars 386
Tabelle 75: Erwartete Folgen für Lehrtätigkeit 386
Tabelle 76: Bewertung Videografie.....387
Tabelle 77: Bewertung des Seminars: „Was hat Ihnen gut gefallen?“ 388
Tabelle 78: Bewertung des Seminars: „Was hat Ihnen nicht so gut gefallen?“.....388
Tabelle 79: Bewertung des Seminars: „Was hat Ihnen das Seminar gebracht?“...388

Anhang G. Danksagung

Ich bedanke mich bei allen, die mich bei der Durchführung dieser Arbeit unterstützt haben.

Besonderer Dank gilt Frau **Prof. Dr. Annette Marohn**, die mir die Möglichkeit gegeben hat, die praktischen Anteile dieser Arbeit in ihrem Arbeitskreis umzusetzen und die Arbeit in jeder Phase mit großem Interesse, Engagement und zahlreichen Hilfestellungen betreut und begleitet hat.

Ich danke allen **aktuellen und ehemaligen Mitgliedern der Arbeitskreise von Frau Prof. Marohn, Frau Prof. Kröger und Herrn Prof. Barke** für die freundliche Aufnahme im Institut für Didaktik der Chemie und die sehr angenehme Arbeitsatmosphäre.

Außerdem danke ich meiner ehemaligen Büronachbarin und Freundin **Nurma** für viele inspirierende Gespräche, einen Einblick in Lehren und Lernen, der meine häufig eurozentristische Perspektive erweiterte, und ihre Freundschaft. Terimakasih!

Andrea und Eva danke ich für ihre Unterstützung beim Transkribieren und Codieren sowie für zahlreiche mehr und weniger fachliche Diskussionen und Gespräche.

Besonders herzlicher Dank gilt **meinem Ehemann und meinen Eltern** für ihre liebevolle Begleitung und Unterstützung vom ersten Tag bis zum Abschluss dieser Arbeit.

Bisher erschienene Bände der Reihe

Lernen in Naturwissenschaften

ISSN 2566-493X

1	Maria Egbers	Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn“ ISBN 978-3-8325-4510-9 53.00 EUR
2	Daniel Laumann	Magnetismus hoch 4 Fachliche Strukturierung und Entwicklung multipler Repräsentationen zum Magnetismus für die Hochschule ISBN 978-3-8325-4571-0 60.50 EUR
3	Friederike Rohrbach-Lochner	Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellungen: Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminarkonzepts ISBN 978-3-8325-4944-2 53.50 EUR
4	Lisa Rott	Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren: Die Unterrichtskonzeption „choice2explore“ ISBN 978-3-8325-4817-9 83.00 EUR
5	Eva Julia Kolbeck	Schulung von Vermittlungsfähigkeiten Promovierender im Fach Chemie: Die Weiterbildung „How to communicate chemistry?“ ISBN 978-3-8325-4953-4 71.00 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN-Nummer direkt online (http://www.logos-verlag.de) oder per Fax (030 - 42 85 10 92) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Verstehen und *Entwickeln* bilden eine fachdidaktische Einheit: das Verstehen von Lernprozessen hilft uns, innovative Lernangebote zu entwickeln und an Rahmenbedingungen anzupassen. Die Erprobung und Analyse dieser Angebote kann wiederum zu erweiterten Erkenntnissen und einem tieferen Verstehen führen. Diese Schriftenreihe rückt daher beide Aspekte in den Fokus – mit dem Ziel, das zu fördern, was uns als Naturwissenschaftsdidaktikern am Herzen liegt: das Lernen in Naturwissenschaften!

Vorstellungen und Erfahrungen, die Lernende mit in den Chemieunterricht bringen, beeinflussen das Verständnis chemischer Inhalte. Dies ist in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung unbestritten. Empirische Studien zeigen, dass viele Lehramtsstudierende und Lehrkräfte – auch nach vielen Jahren, in denen die Forschung zu diesen Schülervorstellungen bedeutende Fortschritte gemacht hat – nach wie vor wenig über Schülervorstellungen wissen. Sie sind daher kaum in der Lage, deren Ursachen einzuschätzen oder angemessen darauf zu reagieren.
Im Rahmen des vorgestellten design-basierten Forschungsprojektes (Design-Based Research) wurde ein Seminar für die chemiedidaktische Lehrerausbildung entwickelt, das dazu beiträgt, Theorie und Praxis im Kontext Schülervorstellungen stärker zu verknüpfen. Die Beschreibung des Projektes folgt einem literaturbasiert hergeleiteten Strukturmodell design-basierter Forschung.
Die an Forschendem Lernen orientierte Veranstaltung vermittelt nicht nur Vorstellungen und deren Ursachen, sondern auch Umgangsweisen mit diesen Vorstellungen. Zudem führt sie Studierende über die Planung und Durchführung eigener Forschungsvorhaben im Lehr-Lern-Labor an die Thematik Schülervorstellungen heran. Die Entwicklung der Veranstaltung über drei Mesozyklen hinweg und ihre Evaluation werden dargestellt. In der Retrospektiven Analyse wird die Wirksamkeit der Veranstaltung hinterfragt und in der anschließenden Theoriebildung theoriegeleitet begründet.

ISBN 978-3-8325-4944-2

Logos Verlag Berlin

ISSN 2566-493X